

## **Título: Economias de escala e ineficiência técnica: a importância da dimensão de operação das concessionárias estaduais de água e esgoto brasileiras (1998-2008)**

Felipe Mota Campos (PIMES/UFPE)

Mestre e Doutorando em Economia do Curso de Pós-Graduação em Economia da UFPE

### **Resumo:**

Estudos recentes na literatura econômica internacional trazem evidências empíricas que a dimensão das firmas de saneamento básico poderia estar correlacionada a ganhos de produtividade e escala das firmas. Companhias menores teriam ganhos de produtividade e escala relativamente maiores que firmas com grandes dimensão de operação dos serviços de água e esgoto. Partindo destas evidências, este artigo utiliza os dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS para construir um painel de dados, para o período de 1998-2008, e estimar uma função de custo *translog*, com controles para características observáveis de produção, para as empresas estaduais de saneamento básico no Brasil. As evidências fornecidas parecem sugerir uma sobre-utilização do fator mão-de-obra e um aumento da ineficiência das empresas no período. Ademais, estas evidências parecem suportar a hipótese segundo a qual os ganhos de produtividade e eficiência estariam negativamente correlacionados com a dimensão das concessionárias dos serviços de água e esgoto.

**Palavras-chave:** empresas de saneamento, tamanho das firmas, desempenho econômico.

### **Abstract:**

Empirical evidences brought by the international economic literature have suggested that the firm size of utilities companies have some correlation with their economic performance, especially economics of scale. Smaller companies experienced biggest returns of scale and density of production and consumers than firms with largest scale of operation of water services and sewerage. Based on these findings, this article uses data from the National Information System on Sanitation (SNIS) to construct a panel data for the period 1998-2008, and estimate a translog cost function, with controls for observable characteristics of production, to public companies in Brazil. The evidence provided seems to suggest an over-utilization of labor and increased inefficiency of firms in the period. Moreover, these evidences seem to support the hypothesis that productivity gains and efficiency would be negatively correlated with the size of the utilities of water and sewage services.

**Key-words:** water utilities, firm size, economic performance.

**Código JEL:** L25, L50, L95

**Área 8 - Economia Industrial e da Tecnologia**

## **Economias de escala e ineficiência técnica: a importância da dimensão de operação das concessionárias estaduais de água e esgoto brasileiras (1998-2008)**

### **1. Introdução**

As companhias estaduais de saneamento básico brasileiras foram criadas no início da década de setenta do século XX. A criação destas companhias fazia parte do Plano Nacional de Saneamento - PLANASA que, através de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviços - FGTS, estimulou os Estados a instituírem suas próprias empresas de água e esgoto (Carmo e Távora Júnior, 2003). Constituídas com objetivo de universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico, as firmas foram desenhadas para alcançar economias de escala resultantes da operação dos serviços regionalizados. Com o abandono formal do PLANASA e as condições macroeconômicas enfrentadas pelo País, a partir dos anos oitenta do século passado, as companhias estaduais enfrentaram um período de parques investimentos em infra-estrutura e na ampliação dos serviços (Ohira e Shirota, 2005).

A instituição de um novo marco legal para o setor de saneamento básico (Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007) definiu a titularidade dos serviços como sendo dos municípios, o que reacende a discussão acerca da dimensão ideal de operação das empresas de água e esgoto. Além disto, a nova lei institui a atuação da regulação econômica, dentre outros objetivos, como indutora de ganhos de produtividade, cercear ações monopolísticas e garantir o repasse de economias advindas de ganhos de eficiência aos consumidores e à universalização dos serviços. Assim, o diagnóstico dos níveis de ineficiência e os efeitos da dimensão de operação da companhia sobre as economias de escala e ganhos de produtividade tornam-se primordiais para a adequação das estruturas de custos e a definição de modelos de regulação econômica.

A despeito disto e da extensa literatura internacional sobre o setor de água e esgoto<sup>1</sup>, especialmente para os Estados Unidos e Inglaterra, muito pouco se sabe sobre as condições de operação das empresas de saneamento básico brasileiras, especialmente, sobre as prestadoras estaduais. Os estudos existentes sobre as companhias brasileiras trazem evidências iniciais importantes acerca da existência de economias de escala e a investigação dos efeitos da propriedade da empresa sobre seu nível de ineficiência, com resultados contraditórios. Nenhum estudo, contudo, relaciona quais os efeitos da expansão do volume processado de água e esgoto (via aumento de consumo e/ou do crescimento da rede de distribuição) sobre o comportamento do custo médio de produção dos serviços. Entendimento primordial para a definição de políticas de universalização dos serviços e para a regulação econômica desta indústria.

Neste escopo, este trabalho tem por objetivo fornecer evidências empíricas que testem hipóteses acerca dos efeitos da dimensão da planta de produção das companhias de água e esgoto sobre ganhos de produtividade, ineficiência técnica e economias de escala. Ademais, é analisada a evolução do nível de ineficiência das companhias. Verificando se a alocação dos fatores de produção dos serviços de água e esgoto tem caminhando para um ponto ótimo ou se esta vem perdendo eficiência no período de 1998 a 2008. A partir de uma amostra em painel (1998-2008) para 23 companhias estaduais de saneamento, é estimada, por máxima verossimilhança, uma função de custo *translog* para as empresas estaduais. As estimativas obtidas permitem-nos avaliar o comportamento do termo de ineficiência ao longo do período e calcular índices de ganhos de produtividade, assim como, testar suas relações com o porte da empresa de saneamento básico.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em mais cinco seções. A seção seguinte resume, dentre os estudos mais recentes da literatura internacional, as principais evidências disponíveis para o setor de água e esgoto e apresenta os estudos existentes para o Brasil. Na terceira parte são apresentados os instrumentos metodológicos, a base de dados e as variáveis utilizadas. A quarta seção traz as estimativas dos parâmetros da função custo, bem como a evolução do termo de ineficiência e da

---

<sup>1</sup> Para uma revisão dos estudos empíricos publicados nas últimas décadas na literatura econômica veja: Abbott e Cohen (2009).

relação entre a dimensão de operação e a elasticidade-custo da água produzida e do esgoto coletado. Na penúltima seção, os índices obtidos para economia de escala, de densidade de produção e densidade de consumo são analisados e é verificada a hipótese da influência do porte da concessionária sobre os ganhos de produtividade. Na última seção são reunidas as principais evidências fornecidas e resumidas as conclusões deste trabalho.

## 2. A indústria de saneamento básico na literatura econômica: evidências disponíveis

O debate acerca das características da indústria de água e esgoto vem percorrendo a literatura econômica deste a década de setenta do século XX. Questões como a existência de economias de escala, economias de escopo entre a oferta de água tratada e esgotamento sanitário, o tamanho ótimo das firmas e o debate sobre os ganhos potenciais da privatização para o setor guiaram o debate empírico nos estudos seminais sobre as companhias de saneamento (Abbott e Cohen, 2009). Na última década, além de investigar estas hipóteses, os economistas têm buscado evidências empíricas acerca dos efeitos das políticas de regulação sobre a eficiência do setor e seus impactos sobre a política tarifária para os consumidores. A literatura sobre o setor de saneamento básico brasileiro ainda é incipiente e não fornece evidências robustas sobre as características econômicas da operação do setor.

Dentre os principais estudos internacionais, Saal e Parker (2004) investigam os ganhos de produtividade da indústria de água e esgoto privatizada na Inglaterra e País de Gales, no período de 1985 a 1999. Os autores utilizam índices de produtividade não-paramétricos e estimam um modelo *translog* para a função custo das firmas. Os resultados encontrados pelos autores divergem dependendo do método utilizado para aferir a produtividade do setor. Enquanto a função custo estimada sugere um expressivo ganho de produtividade no setor, especialmente após 1994/95 com a mudança do modelo de regulação econômica aplicada ao setor para *price cap*, os índices de produtividade calculados (TFP) não apontariam qualquer evidência estatística de ganhos de produtividade no período analisado. De todo modo, os índices não-paramétricos trariam evidências de ganhos de produtividade do trabalho após 1994, sendo que a mão-de-obra seria um dos principais custos de operação do sistema. Estes ganhos coincidiriam com os resultados econométricos encontrados sugerindo que a importância da mudança do ambiente regulatório sobre a produtividade na indústria no período. As evidências empíricas fornecidas levam os autores a sugerir que a privatização do setor não teria um efeito *per se* sobre a produtividade das firmas, mas que ganhos de produtividade poderiam ser esperados na presença de efetiva concorrência ou de um ambiente regulatório tenaz.

Erbetta e Cave (2007), utilizando outra base de dados (1994-2005) e outro método (*Data envelopment analysis* - DEA), buscam responder a mesma pergunta de Saal e Parker (2004). Entretanto, com um objetivo mais específico de captar qual o real efeito da regulação econômica sobre os coeficientes técnicos e a eficiência de alocação dos fatores na indústria de saneamento básico da Inglaterra e do País de Gales. Os autores sugerem que as evidências empíricas apontam para a importância do modelo de regulação sobre eficiência de alocação dos insumos, auxiliando na redução de distorções iniciais na alocação dos fatores. A imposição de um modelo de *yardstick competition*, em 1999, teria induzido os prestadores a escolher pontos de combinação de fatores que minimizassem sua função custo. Este modelo regulatório mais restrito teria implicado em ganhos de eficiência técnica e de alocação de fatores, elevando ganhos de produtividade da mão-de-obra.

Nauges e van den Berg (2008) usam dados em painel para estimar medidas para economias de densidade, escala e escopo para quatro economias, consideradas pelos autores, de transição: Brasil, Moldávia, Romênia e Vietnã. Através da estimação de funções custo *translog*, por meio de *seemingly unrelated regress* - SUR, incluindo controles para a qualidade dos serviços prestados nestes países, os autores buscam evidências acerca do desempenho das companhias de água e esgoto locais. Os resultados estimados sugeririam a existência de economias de escala em três países: Moldávia, Romênia e Vietnã. Os resultados para o Brasil não permitiriam rejeitar a hipótese nula de retornos constantes à escala. Ademais, as estimativas sugerem que os retornos à escala reduziriam com a dimensão das companhias, observando não apenas dentro de cada, mas dentre os países. Adicionalmente, os autores fornecem

evidências para a existência de economias de densidade de produção e de densidade de consumo em todos os países, a exceção de economias de densidade de consumo para o Brasil. Indicando que expansão dos volumes processados de água e esgoto para as estruturas atuais ou o aumento do número de conexões nas redes já existentes traria custos médios decrescentes aos prestadores nestes países. Apesar de afirmar a existência de economias de escopo no Brasil, Moldávia e Romênia, os autores não apresentam as evidências empíricas que suportariam esta hipótese.

Abbott e Cohen (2009) fazem uma extensa revisão dos estudos empíricos na literatura econômica que buscam estimar os níveis de produtividade e eficiência das companhias de água e esgoto. Compilando as evidências empíricas disponíveis, os autores concluem pela existência de economias de escala no setor, porém com sugestão que haveria pontos de exaustão na escala de produção onde estes ganhos cessariam. Também haveria evidências que apontariam a existência de economias de escopo entre a oferta de água e o esgotamento sanitário, sendo estas economias maiores para as companhias menores. Ademais, os autores afirmam que os estudos sobre os efeitos da privatização sobre a eficiência do setor não seriam conclusivos. Ganhos de produtividade, que sejam repassados as tarifas, e indução de eficiência na alocação dos insumos só seriam possíveis através de mecanismos de regulação econômica, dada as características de monopólio do setor de água e esgoto.

Um dos primeiros estudos para os níveis de eficiência das empresas de saneamento básico brasileiras é conduzido por Carmo de Távora Júnior (2003). Utilizando dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS para as 26 companhias de saneamento estaduais no ano de 2000, os autores estimam o grau de eficiência técnica das empresas através da metodologia DEA. Os resultados estimados sugeriram que os fatores que mais contribuam para a eficiência técnica seriam o volume faturado de esgoto, o volume coletado de esgoto e a quantidade de economias ativas de água. Ademais, os autores encontram evidências de retornos crescentes à escala de produção.

Tupper e Resende (2004) quantificam a eficiência relativa das companhias estaduais brasileiras no período de 1996 a 2000, utilizando o método DEA e dados do SNIS. Os escores de eficientes obtidos pelos autores sugerem uma alocação sub-ótima para diversos prestadores regionais. Com objetivo de controlar heterogeneidades regionais, os autores estimam um DEA complementar e um modelo *Tobit* com controles para densidade de ligações nas redes e perdas de água. Este procedimento leva a escores ajustados distintos de eficiência relativa que são considerados na construção de uma regra de reembolso linear que constitui um mecanismo de *yardstick*. A comparação dos custos atuais e os valores de reembolso definidos pela análise de eficiência tornam salientes os padrões diferentes entre os diferentes serviços públicos e a possibilidade de importante redução de custos. Para os autores a viabilidade da implantação deste mecanismo seria, contudo, limitada pelo atual quadro regulamentar para o setor das águas e de esgoto no Brasil.

Faria, *et al* (2005) aplicam dois modelos de fronteira estocástica de produção (uma com erros distribuídos exponencialmente e outra com erros com distribuição normal truncada) em uma base de dados com 279 firmas de água e esgoto, para o ano de 2002. O escopo do trabalho é fornecer evidências sobre os níveis de eficiência de prestadores públicos e privados no Brasil. Os resultados encontrados pelos autores sugerem que os prestadores privados seriam marginalmente mais eficientes que as companhias públicas, no período da amostra. Ohira e Shirota (2005) estimam a eficiência das empresas do setor de saneamento básico no Estado de São Paulo, utilizando o método da fronteira estocástica, para o ano de 2002. Os autores aplicam ainda diversos modelos alternativos onde são considerados: diferentes definições de produtos; dois tipos de distribuições do erro sistêmico; e, duas esferas de abrangência deste setor, uma englobando as empresas com atuação local e outra regional. Os modelos de fronteiras estocásticas foram aplicados a função custo indireto, para cada tipo de produto utilizado como variável dependente. Os resultados obtidos levam os autores a sugerir uma grande variação nos níveis de eficiência entre as empresas analisadas, possibilitando ganhos nos custos médios advindos de uma melhor alocação de fatores.

Seroa da Motta e Moreira (2006), com dados em painel no período de 1998-2002, conduzem um estudo que busca evidências para testar a hipótese se a titularidade dos serviços de saneamento (federal, estadual ou municipal) seria relevante para a eficiência do setor e se prestadores privados poderiam atingir os objetivos sociais esperados para o setor de água e esgoto. Os ganhos de eficiência são estimados

através de uma fronteira estocástica de produção e do método DEA. As evidências empíricas sugeririam que para companhias locais (que atuam em apenas um município) a produtividade entre prestadores privados ou públicos seria estatisticamente semelhante. Contudo, devido à pequena parcela de prestadores privados em sua base de dados, Seroa da Motta e Moreira (2006) asseveram que não podem inferir esta hipótese para todas as escala de produção. Ademais, estes encontram economias de escala significativas em favor de operadores regionais (que atuam em mais de uma localidade) quando comparados a companhias locais. Todavia, estes ganhos de produtividade estariam inversamente relacionados às tarifas aplicadas pelas prestadoras regionais, restrito com o crescimento do número de municípios atendidos. Assim, os autores sugerem que a ausência de regulação tarifária efetiva sobre os prestadores regionais estimula a existência de ineficiências na alocação de insumos e permite aplicação de práticas de monopólio, onde ganhos de produtividade são inteiramente absorvidos pelas companhias.

Silva e Souza, Faria e Moreira (2008), utilizando a base de dados do SNIS, constroem um painel (2002-2004) para as firmas públicas e privadas brasileiras de água e esgoto. Através da estimação de uma fronteira estocástica para a função custo do tipo Cobb-Douglas, usando o método em dois estágios proposto por Batesse e Coelli (1995), os autores buscam evidências sobre os níveis de eficiência nos setores públicos e privados, suas tendências no período e se estes divergiram de acordo com a categoria do prestador (público ou privado). De acordo com as evidências encontradas, Silva e Souza, Faria e Moreira (2008) sugerem que no triênio analisado as empresas públicas seriam mais eficientes que os prestadores privados na oferta dos serviços de água e esgoto. Diferencial que poderia estar fundado nos ganhos de escala (e/ou de escopo) advindos de uma base de operação maior que é encontrada para os prestadores públicos. Contudo, este diferencial estaria declinando no período, fruto de ganhos de eficiência das companhias privadas. Em geral, as evidências fornecidas sugeririam ganhos de eficiência para todo o setor no período de 2002 a 2004.

### **3. Metodologia e Base de dados**

A utilização de fronteiras estocásticas para analisar o desempenho dos agentes econômicos, estimando funções de produção paramétricas, vem sendo amplamente aplicado e desenvolvido após sua proposição por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977). Para o setor de água e esgoto a estimação de funções de custo tem sido o método mais usado para determinar os níveis de eficiência das companhias (Abbott e Cohen, 2009). A estimação de fronteiras estocásticas pressupõe a existência de ineficiências técnicas na produção de cada uma das firmas relacionadas, associadas ao temor de erro da equação, e a construção de fronteira ótima de custos com base no desempenho das melhores firmas.

A análise da estrutura de custos das companhias estaduais de saneamento básico e da evolução de sua eficiência é possível através da base de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SINS, vinculado ao Ministério das Cidades. A base de dados do SNIS traz, em arranjo de painel, uma vasta gama de informações gerenciais, contábeis e econômicas de todas as companhias de serviços de água e esgoto operando no país, desde 1994. Contudo, dada a natureza de coleta, onde as próprias empresas alimentam as informações no sistema, e ao processo natural necessário a consolidação da base de dados, os primeiros anos da amostra trazem lacunas em variáveis importantes para a estimação da função custo das empresas. Desta forma, nossa amostra compõe-se de um painel de dados que abrange 23 (vinte e três) companhias estaduais de água e esgoto do ano de 1998 a 2008. Para construção da amostra os preços de cada ano foram deflacionados para dezembro de 2008, utilizando-se o Índice Geral de Preços - disponibilidade interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas.

No caso específico das companhias de saneamento (monopólio multi-produto), a seguinte função custo é estimada por máxima verossimilhança, onde o custo total dos serviços (DTS) é função dos volumes de água produzida e esgoto coletada, dos preços dos fatores de produção (normalizados pelo

preço dos produtos químicos empregados)<sup>2</sup> e controles para fatores específicos que podem influir na função custo das firmas e impedir que estas atinjam o ponto de eficiência alocativa. Assim, a equação estimada para o período toma a seguinte notação:

$$\ln(c_{it}) = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln(q_{nit}) + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(p_{jit}) + \sum_{m=1}^m \beta_m \ln(m_{it}) + v_{it} - su_{it} \quad (1)$$

Onde  $c_{it}$  é o custo total do serviço da firma  $i$  no período  $t$  (Despesas Totais com os Serviços - DTS),  $q_{nit}$  é o volume total do produto  $n$  (água produzida ou esgoto coletado),  $p_{jit}$  o preço do insumo ( $j$ ) para cada firma em cada período (*proxy* para o preço do capital fixo<sup>3</sup>, preço da energia elétrica, preço médio da mão-de-obra própria, preço dos serviços de terceiros, preços médio de outras despesas de exploração), e  $m_{it}$  são os fatores que, por hipótese, podem influir no nível de despesas do agente e/ou afetar sua eficiência de custos (população total servida com os serviços de água e com o serviço de esgotamento sanitário, extensões (km) das redes de distribuição de água e de coleta de esgoto, volumes de água e esgoto tratados e total de municípios atendidos). Neste modelo, o termo de erro da função estocástica, por hipótese, é composto por duas parcelas. Para um termo assume-se uma distribuição estritamente não-negativa, enquanto o outro tem uma distribuição de probabilidade simétrica. Na literatura econômica, o termo não-negativo é associado ao termo de ineficiência da função produção ou custo, ao passo que o termo com distribuição simétrica corresponderia ao termo de erro padrão da literatura econométrica.

Admite-se que o termo não-negativo, ligado à eficiência da função de custo, seguiria a distribuição de probabilidade proposta por Battese e Coelli (1992), que considera os efeitos temporais sobre a produção. Battese e Coelli (1992) propuseram uma parametrização dos efeitos temporais na qual o termo de ineficiência ( $u_{it}$ ) segue uma função de distribuição de probabilidade normal-truncada multiplicada por uma função do tempo ( $t$ ). O único efeito específico de painel é o termo aleatório para a ineficiência.

Neste modelo os efeitos da ineficiência podem variar entre as firmas e no tempo, considerando a natureza de painel dos dados, sendo modelados da seguinte forma:

$$u_{it} = \exp\{-\eta(t - T_i)\} u_i \quad (2)$$

onde  $u_i$  e  $v_{it}$  são independentemente distribuídos, de tal modo que:  $u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$  e  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ . Ademais, quando  $\eta > 0$ , o grau de ineficiência decresce ao longo do período, enquanto que se  $\eta < 0$ , o grau de ineficiência cresce com o tempo na amostra utilizada. Dado que  $t = T_i$ , no último período, o último período para a firma  $i$  contém o nível base de eficiência para esta firma. Portanto, se  $\eta > 0$ , o nível de ineficiência decai em relação ao nível base, e com  $\eta < 0$ , o nível de ineficiência cresce em relação ao nível base. Quando  $\eta = 0$ , o modelo reduz-se para um modelo de ineficiência constante no tempo.

A partir dos parâmetros estimados para (1) e (2), podemos estimar o grau de ineficiência para os custos das firmas, para cada ano da amostra, através da seguinte equação:

$$E\{\exp(-su_{it}) | \epsilon_{it}\} = \left[ \frac{1 - \Phi\{s\eta_{it}\tilde{\sigma}_i - (\tilde{\mu}_i / \tilde{\sigma}_i)\}}{1 - \Phi(-\tilde{\mu}_i / \tilde{\sigma}_i)} \right] \exp\left(-s\eta_{it}\tilde{\mu}_i + \frac{1}{2}\eta_{it}^2\tilde{\sigma}_i^2\right) \quad (3)$$

sendo,  $\epsilon_{it} = y_{it} - x_{it}\beta$ ,  $\eta_{it} = \exp\{-\eta(t - T_i)\}$ ,  $\tilde{\mu}_i = \mu\sigma_v^2 - s \sum_{t=1}^{T_i} \eta_{it}\epsilon_{it}\sigma_u^2/\sigma_v^2 + \sum_{t=1}^{T_i} \eta_{it}^2\sigma_u^2$ ,  $\tilde{\sigma}_i^2 = \tilde{\sigma}_v^2\tilde{\sigma}_u^2/\tilde{\sigma}_v^2 + \sum_{t=1}^{T_i} \tilde{\eta}_{it}^2\tilde{\sigma}_u^2$  e  $s = -1$ , para função custo.

A partir das estimativas obtidas da equação (1), no caso de monopólios multi-produto, podemos examinar a evolução dos custos se os volumes de água produzida e de esgoto coletados são crescentes através de um índice igual ao inverso da elasticidade-custo do produto, dados as dimensões das redes de

<sup>2</sup> Para simplificar a função custo estimada e impor a necessária condição de homogeneidade da função, o custo total ( $c_{it}$ ) e os preços dos insumos ( $p_{jit}$ ) foram normalizados usando o preço dos produtos químicos aplicados (Nauges e van den Berg (2008); Saal e Parker, 2004; Jorgenson, 1986).

<sup>3</sup> As despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos, corrigidas pelo IGP-DI, dividido pelo volume total de água produzida e esgoto coletado, são usadas como *proxy* para custo do capital físico.

produção e o número de clientes (Nauges e van den Berg, 2008; Panzar e Willing, 1977). A fórmula utilizada para esta análise pode ser definida como:

$$R_{dp} = 1/\varepsilon_w = \left( \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{ag}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{es}} \right)^{-1}$$

Assim, se o índice ( $R_{dp}$ ) for maior que um existiria economias de densidade de produção; no caso de  $R_{dp}$  igual a zero haveria retornos constantes a densidade de produção, enquanto que para  $R_{dp}$  menor que a unidade ter-se-ia deseconomias de densidade de produção.

Outra medida para aferir a evolução dos custos que pode ser calculada é um índice para economias de densidade de consumo (Nauges e van den Berg, 2008). Este índice reflete a evolução dos custos para a situação onde o volume de água produzido, do esgoto coletado e do total de consumidores cresce (população de água atendida), dada constante as dimensão das redes de distribuição e coleta. O índice para economias de densidade de consumo pode ser descrito como:

$$R_{cd} = \left( \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{ag}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{es}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln pop} \right)^{-1}$$

Caso  $R_{cd}$  seja maior que a unidade, haverá economias de densidade de consumo. Neste contexto, as despesas totais dos serviços cresceram proporcionalmente menos que a expansão dos serviços prestados, assim, novas conexões feitas às redes já existentes importaram em custos médios de produção menores. Por fim, podemos aferir a existência de economias de escala no setor. Medida pela mudança nos custos totais em função do aumento dos volumes de água produzida, de esgoto coletado, da população servida e da rede de distribuição (Caves, *et al*, 1981). A presença de economias de escala pode ser verificada através de:

$$RTS = \left( 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln ext_{ag}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln ext_{es}} \right) / \left( \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{ag}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y_{es}} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln pop} \right)$$

Haverá economias de escala se  $RTS$  for maior que um, indicando que o custo marginal é decrescente com o aumento dos níveis de produção. No caso de  $RTS = 1$ , teremos retornos constantes à escala, e se  $RTS$  for menor que um, teremos deseconomias de escala.

#### 4. A função custo das empresas de saneamento: evidências empíricas

A estimação da equação (1), por máxima verossimilhança, apresentada na Tabela 1, traz os impactos dos principais fatores de produção dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário sobre as estrutura de custos das firmas, controlados para diversas características de produção. Conforme esperado, os parâmetros estimados para os níveis de produção (água e esgoto) e para os preços dos fatores apresentam os sinais positivos e níveis de significância elevados. Do mesmo modo, as variáveis de controle inseridas na função *translog* apresentam os sinais esperados *a priori*.

Dado que a função custo é estimada com base nos logaritmos naturais da variável dependente e dos regressores, os resultados obtidos refletem a resposta da variável do custo total do serviço à variação dos preços dos insumos ou das características de produção. Como esperado o nível de produção da água tem um impacto relevante nos custos totais da empresas de saneamento estaduais. A elasticidade estimada sugere que um crescimento de 1% no volume de água produziria levaria um incremento nos custos totais de produção que giraria em torno de 0,65% (estatisticamente significativo a 1%). Fator possivelmente associado aos custos de tratamento, distribuição e perdas brutas de água, estas últimas ainda muito relevantes para esta indústria no Brasil. Por outro lado, a elasticidade-custo do nível de esgoto sanitário

coletado parece não ter o mesmo impacto sobre a estrutura de custos das firmas. Segundo o parâmetro estimado, os custos totais dos serviços das empresas de água e esgoto estaduais sofreriam um impacto de 0,08%, dado um crescimento de 1% no volume de esgoto coletado. Os resultados obtidos aproximam-se daqueles obtidos por Nauges e van den Berg (2008) para o Brasil, embora estes tenham utilizado uma amostra de um período temporal menor.

**Tabela 1 - Função custo estimada das empresas de água e esgoto estaduais brasileiras 1998-2008** (variável dependente: *log natural das despesas totais do serviço*)

Variável	Coefficiente	Erro-padrão	z	P>z
Volume de água produzido	0.6460	0.1319	4.90	0.0000
Volume de esgoto coletado	0.0819	0.0424	1.93	0.0530
Preço do Capital fixo	0.2709	0.0261	10.38	0.0000
Preço da Energia Elétrica	0.1759	0.0388	4.54	0.0000
Preço do Pessoal Próprio	0.3505	0.0477	7.35	0.0000
Preço do Serviço de Terceiros	0.1397	0.0319	4.37	0.0000
Preço de Outras Despesas de Exploração	0.0117	0.0039	2.96	0.0030
População total atendida com abastecimento de água	0.1014	0.1019	1.00	0.3190
População total atendida com esgotamento sanitário	-0.1629	0.0745	-2.19	0.0290
Extensão da rede de água	0.3568	0.0790	4.52	0.0000
Extensão da rede de esgoto	0.1095	0.0500	2.19	0.0290
Volume de água tratada em ETA(s)	-0.0964	0.0774	-1.25	0.2130
Volume de esgoto tratado em ETE(s)	0.0394	0.0215	1.83	0.0670
Quantidade total de municípios atendidos	-0.0568	0.0273	-2.08	0.0370
Ano	-0.0193	0.0088	-2.19	0.0290
Constante	39.1067	17.8275	2.19	0.0280
Termo de ineficiência ( $\eta$ )	-0.0783	0.0311	-2.52	0.0120
Log likelihood	142.5335			
Nº de observações	204			

Fonte: Elaboração própria (2010).

As elasticidade-custo dos insumos estimadas corresponde a participação dos custos de cada fator no custo total da produção. Ao analisarmos os coeficientes encontrados para os principais insumos da produção das firmas, verifica-se que o custo de capital fixo (medido pelos custos de depreciação, amortização do ativo e provisões) e preço do pessoal próprio são os principais fatores de custos da produção de água e do esgotamento sanitário. Os custos com capital fixo corresponderiam por cerca de 27% do custo total de produção do serviço. Participação que poderia ser explicada, por hipótese, pelas grandes inversões necessárias para a implantação e ampliação da rede de esgoto<sup>4</sup> e os custos de manutenção e reparo decorrentes das redes de distribuição de água tratada. Do mesmo modo, os gastos com pessoal próprio corresponderiam a 35% dos custos totais das empresas estaduais, revelando se um componente relevante na estrutura de custos e como possível fonte de ganhos de produtividade. Resultado convergente com aqueles encontrados por Saal e Parker (2004), que apontam este fator como um dos principais na operação do setor, e ao encontro da hipótese que prestadores públicos teriam uma sobreutilização do fator trabalho na prestação dos serviços de água e esgoto (Erbeta e Cave, 2007). Em terceiro lugar, os custos com energia elétrica responderiam por até 17,6% das despesas totais das empresas de saneamento estaduais, seguidos pelas despesas com serviços de terceiros que responderiam, em média, por 14% das despesas totais. Por fim, os gastos com outros custos de exploração dos serviços corresponderiam a 1,2% das despesas totais das firmas de água e esgoto.

<sup>4</sup> No período analisado (1998-2008) a extensão média das redes de esgoto cresceu 80%, passando de 2.722 km para, aproximadamente, 4.900 km de rede.

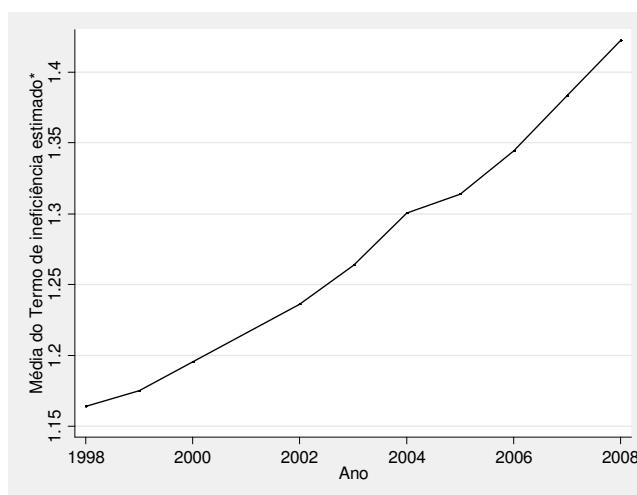


Os controles para as características de produção das firmas, inseridos na equação (1), sugerem diversos pontos interessantes sobre as estruturas de custos e possíveis fontes de economias de escala do setor. Inicialmente, a dimensão da população total atendida com abastecimento de água não estaria relacionada ao nível de custos das empresas de saneamento. Entretanto, a estimativa para a elasticidade-custo do total de pessoas assistidas pelo serviço de esgotamento sanitário sugere uma relação negativa entre este e os custos totais do serviço. Resultado possivelmente relacionado à diluição dos custos fixos e dos investimentos neste serviço específico com a entrada de novos clientes na rede. Adicionalmente, as estimativas para as extensões das redes de água e de esgoto, como já mencionado, parecem sugerir uma relação diretamente proporcional com o patamar de despesas da indústria. A extensão da rede de água teria uma elasticidade-custo estimada de 0,36 (significativo estatisticamente a 1%), enquanto a elasticidade-custo da extensão da rede de esgoto seria de 0,11 (significativo estatisticamente a 5%). Os volumes de água e esgoto tratados pelas distribuidoras são inseridos para verificar seus impactos sobre o montante dos custos. Conforme esperado, o volume de água tratado em Estações de Tratamento de Água (ETA) não apresenta resultado estatisticamente significativo, possivelmente devido à correlação elevada apresentada com o volume total de água produzido. Por outro lado, o volume de esgoto tratado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) representa uma elasticidade-custo positiva de 0,04 (significante ao nível de 10%). Por fim, o número de municípios atendidos pela firma teria uma relação inversamente proporcional com as despesas totais dos serviços da empresa. A elasticidade-custo do total de municípios atendidos seria de, aproximadamente, -0,06 sobre as despesas totais. Este resultado pode sugerir a presença de economias de escala no setor água e esgoto para as firmas estaduais, onde prestadores com uma maior rede de municípios atendidos teriam uma despesa de prestação relativamente menor em seus custos. Resultado que parece ir ao encontro das sugestões de Bhattacharyya, *et al.* (1995), que trazem evidências de que operadores estatais seriam mais eficientes em grandes níveis de produção, enquanto firmas privadas seriam mais eficientes em níveis de produção menores.

A evolução da eficiência dos custos das empresas de água e esgoto estaduais estimada para a função *translog* (1) sugere um resultado adverso para as empresas estaduais. O termo de ineficiência ( $\eta$ ) estimado apresentou um coeficiente negativo (-0,08) e significativo estatisticamente, diferente de zero a 5%. Este coeficiente sugere que os níveis de ineficiência dos anos iniciais da amostra seriam inferiores aos níveis de ineficiência encontrados no ano-base (último ano da amostra). Resultado divergente daquele encontrado por Silva e Souza, Faria e Moreira (2008) que sugerem que no triênio de 2002-2004 as empresas de água e esgoto experimentaram ganhos de eficiência em sua função custo. Estes resultados contrários talvez possam ser explicados pela diferenças entre as bases de dados, por uma série temporal menor (apenas três anos), por métodos de estimação diferentes ou mesmo pela especificação da função custo. Assim, no período que compreende de 1998 a 2008, as estimativas encontradas indicam que as empresas de saneamento básico estaduais perderam eficiência na sua estrutura de custos para a prestação dos serviços a estas delegados. Esta sugestão é particularmente relevante, além de todas as implicações sobre a essencialidade dos serviços prestados, pelo fato de estas operarem em um setor que, segundo a literatura econômica, seria um monopólio natural. Sugerindo que os ganhos de produtividade e de escopo decorrentes da operação poderiam não estar sendo auferidos.

#### **4.1 A evolução do nível de ineficiência das companhias estaduais brasileiras**

Através da equação (3) podemos inferir qual seria a dimensão da perda de eficiência que teria ocorrido no período, tanto para o setor como um todo como para cada uma das empresas estaduais. Tomando-se a média anual do termo de ineficiência (TE) estimada para as empresas estaduais de água e esgoto, verifica-se que estas teriam sofrido uma perda relativa de eficiência na sua gestão de custos de produção dos serviços. A Figura 1 ilustra esta evolução deste índice no período de 1998 a 2008. No primeiro ano da amostra (1998) a média do TE estimado para as companhias encontrava-se em 1.16, subindo, monotonicamente, para 1.42, no último ano analisado. Por esta estimativa, em média, as companhias estaduais teriam incorrido numa perda de eficiência da ordem de 22,2% nos anos analisados.



**Figura 1 - Média do Termo de Ineficiência das empresas de água e esgoto estaduais (1998-2008).** Fonte: Elaboração Própria, 2010. \* Para o ano de 2001 não foram obtidos as estimativas de ineficiência.

Contudo, este movimento de perda de eficiência não foi uniforme entre todos os prestadores. Ademais, a estimativa do TE permite-nos identificar quais companhias estariam mais próximas do nível de eficiência alocativa dos custos, dada a tecnologia de produção, bem como a definição de *benchmarking* que auxiliariam na regulação econômica através da definição de metas e acompanhamento da evolução individual das companhias. A Tabela 2 apresenta a ineficiência estimada de cada empresa para cada ano da amostra<sup>5</sup>. No primeiro momento, destaca-se que as grandes companhias estaduais do setor não se apresentam como aquelas que deteriam os menores índices de ineficiência de custos. As companhias mais eficientes na sua estrutura de custos seriam as dos estados do Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Bahia e Ceará, respectivamente. Além disto, estas companhias também teriam apresentado as menores perdas de eficiência no período. A Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) apresentaria o menor nível de ineficiência de custos em todos os anos amostrados. Adicionalmente, a perda de eficiência apresentada por ela seria de apenas 2,5% em todo o período. As outras três companhias mais eficientes teriam incorrido em uma perda de eficiência nos últimos anos que giraria em torno de 4,1 a 5,8%, conservando-as entre as mais eficientes durante todo o período.

As duas maiores companhias, SABESP (São Paulo) e COPASA (Minas Gerais), apresentariam índices de ineficiência bastante elevados. A SABESP, no período teria sofrido um acréscimo de 26,4% sobre seu termo de ineficiência. Ademais, esta teria um nível de ineficiência 47% maior que aquele estimado para a companhia mais eficiente (CESAN), em 2008. Perdas maiores de ineficiência teriam sido verificadas junto a COPASA, que entre 1998 e 2008 registrou um crescimento em seu TE da ordem de 38,4%. Por fim, a CASAL (Alagoas) apresentou o maior índice de ineficiência entre os prestadores estaduais. Ao longo do período o termo de ineficiência da companhia cresceu 40,6%, passando de 1.33 para 1.87, de 1998 para 2008, e sendo 79% menos eficiente na sua estrutura de custo que a prestadora mais eficiente (CESAN), em 2008.

<sup>5</sup> Para o ano de 2001 e para alguns anos de algumas companhias não foi possível estimar o termo de ineficiência devido à ausência de valores para algumas variáveis.

**Tabela 2 - Evolução do Termo de Ineficiência (TE) estimado para as Companhias estaduais de água e esgoto no Brasil (1998-2008)**

<b>PRESTADOR</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Variação* (%)</b>
CESAN	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.05	2.52
SANESUL	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	.	1.06	1.07	1.07	1.08	4.11
EMBASA	1.05	1.05	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	5.52
CAGECE	1.05	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	5.75
DESO	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.18	1.19	1.21	11.02
COMPESA	1.10	1.10	-	1.13	-	1.16	1.17	1.19	1.20	1.22	11.58
CAEMA	-	-	-	1.18	1.19	1.21	1.23	1.25	-	1.30	-
COSANPA	-	-	-	-	-	-	1.26	1.28	1.31	1.34	-
CAER	1.14	1.15	1.17	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.31	1.34	17.06
CASAN	1.16	1.18	1.19	1.23	1.25	1.27	1.30	1.33	1.36	1.39	19.65
CAERN	1.17	1.18	1.20	1.23	1.25	1.28	1.30	1.33	1.36	1.40	20.00
AGESPISA	-	-	1.20	-	1.26	1.28	1.31	1.34	1.37	1.41	-
SANEPAR	1.17	1.19	1.20	1.24	1.26	1.29	1.32	1.35	1.38	1.42	20.78
CORSAN	1.21	1.23	1.25	1.30	1.33	1.36	1.39	1.43	1.48	1.52	25.69
SABESP	1.22	1.24	1.26	1.31	1.34	1.37	1.41	1.45	1.49	1.54	26.42
CAESB	1.23	1.25	1.28	1.33	1.36	1.40	1.44	1.48	1.53	1.58	28.32
SANEAGO	1.24	1.27	1.29	1.35	1.38	1.42	1.46	1.51	1.56	1.62	29.80
CAGEPA	1.29	1.32	1.35	1.42	1.46	1.51	1.56	1.62	1.68	1.75	35.72
SANEATINS	-	-	-	1.45	1.49	1.54	1.60	1.66	1.73	1.81	-
COPASA	1.31	1.34	1.38	1.45	1.50	1.55	1.60	1.67	1.74	1.82	38.36
CASAL	1.33	1.36	1.40	1.48	1.53	1.58	1.64	1.71	1.79	1.87	40.65
CAESA	-	1.11	1.12	1.14	1.15	-	-	-	-	-	-
CEDAE	1.13	1.14	1.15	1.18	1.19	1.21	1.23	1.25	1.28	-	-
<b>Total</b>	<b>1.16</b>	<b>1.18</b>	<b>1.20</b>	<b>1.24</b>	<b>1.26</b>	<b>1.30</b>	<b>1.31</b>	<b>1.34</b>	<b>1.38</b>	<b>1.42</b>	<b>22.20</b>

Fonte: Elaboração própria, 2010. \*Variação percentual do termo de ineficiência entre os anos de 1998 e 2008.

#### **4.2 Elasticidades-custos da água produzida e do esgoto coletado para as companhias estaduais**

A elasticidade da função custo das empresas de saneamento estaduais, calculada para a média amostral, é apresentada na Tabela 3. A semelhança dos resultados estimados na Tabela 1, podemos verificar que o volume de água produzida seria um dos principais indicadores do nível de despesas totais das companhias estaduais. No ponto de média amostral, um crescimento de um ponto percentual no volume de água produzida incorreria as despesas totais em um aumento de 0,49%. Percentual significativamente superior àquele estimado para o volume total de esgoto coletado, que teria um impacto, dado um aumento da mesma magnitude, de apenas 0,05% sobre os custos totais.

Na Tabela 3, o impacto de alterações dos preços dos insumos sobre a estrutura de custos das empresas estaduais pode ser avaliada. Alterações sobre os preços do capital fixo e da mão-de-obra própria teriam os impactos mais relevantes sobre os níveis de despesas das concessionárias estaduais. Um aumento de 1% sobre o preço médio da mão-de-obra importaria num incremento de até 0,17% sobre os custos totais das empresas de água e esgoto estaduais. Novamente sugerindo tanto que este seria um dos principais fatores de produção, como uma possível fonte para economias de custos. Elevação dos custos do capital fixo da ordem de um ponto percentual importaria um aumento de 0,09% das despesas totais dos serviços de água e esgoto das prestadoras.

**Tabela 3 - Elasticidade-custo das variáveis dependentes sobre a despesa total dos serviços**

Variável	$\partial y/\partial x$	Erro-padrão.	z	P>z
Volume de água produzido	0.4925	0.1006	4.90	0.0000
Volume de esgoto coletado	0.0524	0.0271	1.93	0.0530
Preço do Capital fixo	0.0903	0.0086	10.45	0.0000
Preço da Energia Elétrica	0.0181	0.0040	4.55	0.0000
Preço do Pessoal Próprio	0.1650	0.0226	7.31	0.0000
Preço do Serviço de Terceiros	0.0164	0.0038	4.36	0.0000
Preço de Outras Despesas de Exploração	0.0007	0.0002	2.96	0.0030
População total atendida com abastecimento de água	0.0922	0.0926	1.00	0.3190
População total atendida com esgotamento sanitário	-0.1334	0.0610	-2.19	0.0290
Extensão da rede de água	0.1975	0.0438	4.51	0.0000
Extensão da rede de esgoto	0.0493	0.0225	2.19	0.0290
Volume de água tratada em ETA(s)	-0.0719	0.0577	-1.25	0.2130
Volume de esgoto tratado em ETE(s)	0.0244	0.0133	1.83	0.0670
Quantidade total de municípios atendidos	-0.0162	0.0078	-2.08	0.0370
Ano	-2.3683	1.0854	-2.18	0.0290

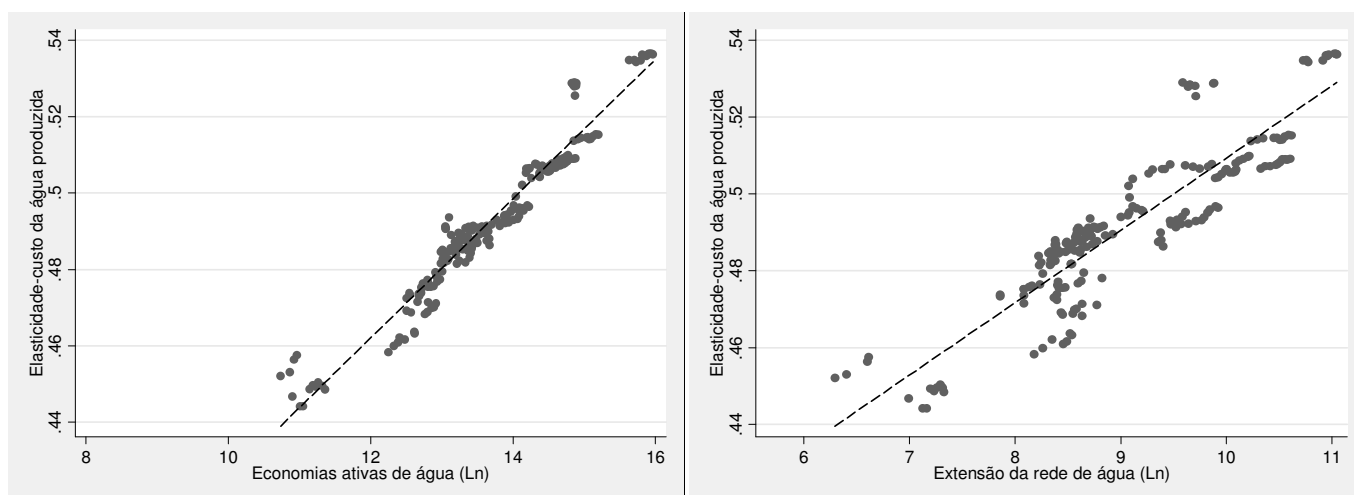
Fonte: Elaboração própria, 2010.

Apesar de a energia elétrica compor uma parcela relevante dos custos de produção, o preço da energia elétrica não teria um impacto de uma magnitude tão elevada sobre as despesas totais, a exemplo de capital fixo e pessoal próprio. Um acréscimo de 1% no preço da energia elétrica, no ponto de média amostral, inflacionaria os custos totais em torno de 0,02%. Efeito estatisticamente superior ao apresentado sobre os custos de elevações nos preços de serviços de terceiros, que importariam num aumento das despesas totais de até 0,016%. Enquanto o preço de outras despesas de exploração parece ter impacto irrelevante sobre o nível total de despesas dos prestadores. Os coeficientes estimados para as demais variáveis explicativas mimetizam os resultados encontrados na Tabela 1.

Partindo das estimativas da Tabela 3, podemos verificar qual o comportamento da elasticidade-custo da produção de água e do esgoto coletado em relação a variáveis que refletem as dimensões de operação das empresas estaduais, como número de economias ativas<sup>6</sup> e extensão total da rede. Para tanto, estima-se a elasticidade-custo para cada nível de produção de água na amostra, tomando-se a média amostral das demais variáveis. A correlação das estimativas obtidas com o número de economias ativas de água e com a extensão total da rede, respectivamente, é apresentada na Figura 2.

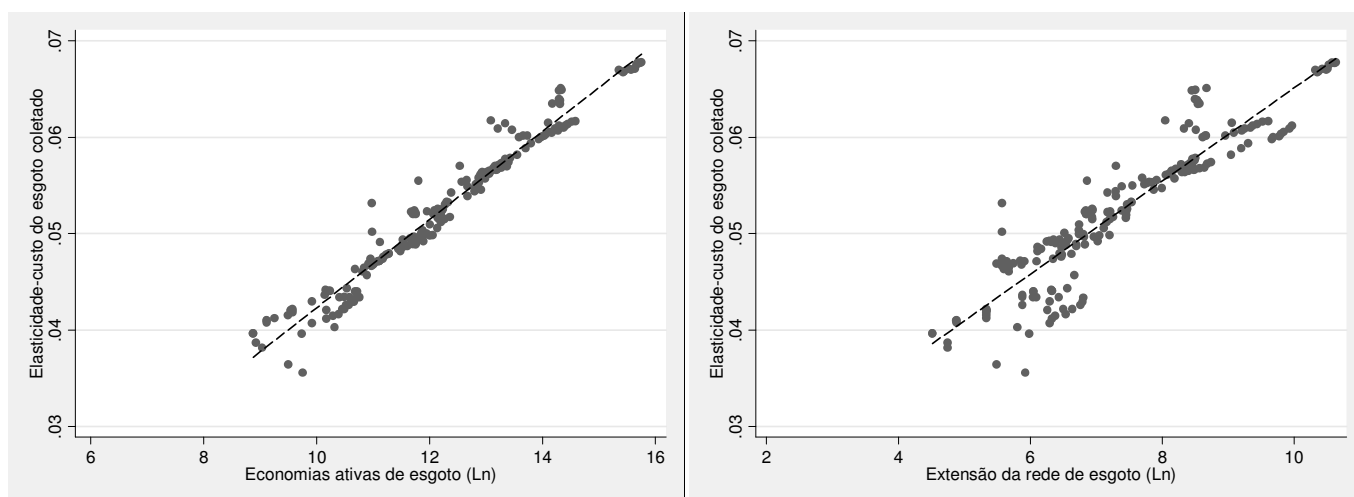
Primeiramente, dada a extensão da rede de abastecimento de água, um incremento no número de economias ativas de água estaria positivamente correlacionado a elasticidade-custo do volume de água produzida. Assim, um crescimento no número de clientes para uma rede de distribuição fixa elevaria a reposta das despesas totais ao volume de água produzido. Dado um incremento de 1% na produção de água, a reposta das despesas totais variaria de 0,44% para as companhias com menor número de economias, ao passo que para os maiores prestadores este impacto seria de até 0,54% sobre os custos totais do serviço. Do mesmo modo, a extensão da rede de distribuição de água estaria positivamente relacionada à elasticidade-custo da água produzida. Para prestadores com redes de distribuição maiores o aumento do volume de água teria impacto maior sobre as despesas totais dos serviços. Estes resultados sugerem que os impactos do crescimento da oferta de água sobre as despesas totais do concessionário seriam mais relevantes (maior elasticidade-custo de água) para aqueles com maiores níveis de produção.

<sup>6</sup> Economias ativas são moradias, apartamentos, unidades comerciais, salas de escritório, indústrias, órgãos públicos e similares, existentes em uma determinada edificação, que são atendidos pelos serviços de água e/ou esgotamento sanitário, tomadas individualmente.



**Figura 2 - Elasticidade-custo da água produzida pelo número de economias ativas de água (esquerda) e pela extensão da rede de água (direita).** Fonte: Elaboração própria, 2010.

O mesmo exercício pode ser replicado para a elasticidade-custo do esgoto coletado, estimando-se este parâmetro para cada um dos níveis de esgoto coletado, dada a média amostral das demais variáveis independentes. A Figura 3 ilustra a correlação entre a elasticidade-custo do esgoto com o número total de economias ativas de esgoto e a extensão total da rede de esgoto. Assemelhando-se aos resultados encontrados para o comportamento da elasticidade-custo da água, a elasticidade-custo do esgoto coletado estaria diretamente correlacionada às variáveis que refletem os níveis de operação do prestador. Dado uma rede de coleta de esgoto, um crescimento do número de economias ativas de esgoto estaria positivamente relacionado a uma elevação da elasticidade-custo do esgoto. Redes de distribuição maiores também estariam associadas a uma maior elasticidade-custo do esgoto coletado, indo de 0,04% sobre a despesa total para até 0,07%, dado um crescimento de 1% no volume coletado de esgoto. Destarte, as estimativas sugerem que os maiores prestadores enfrentariam maiores impactos em suas despesas totais para a ampliação do volume de esgoto coletado.



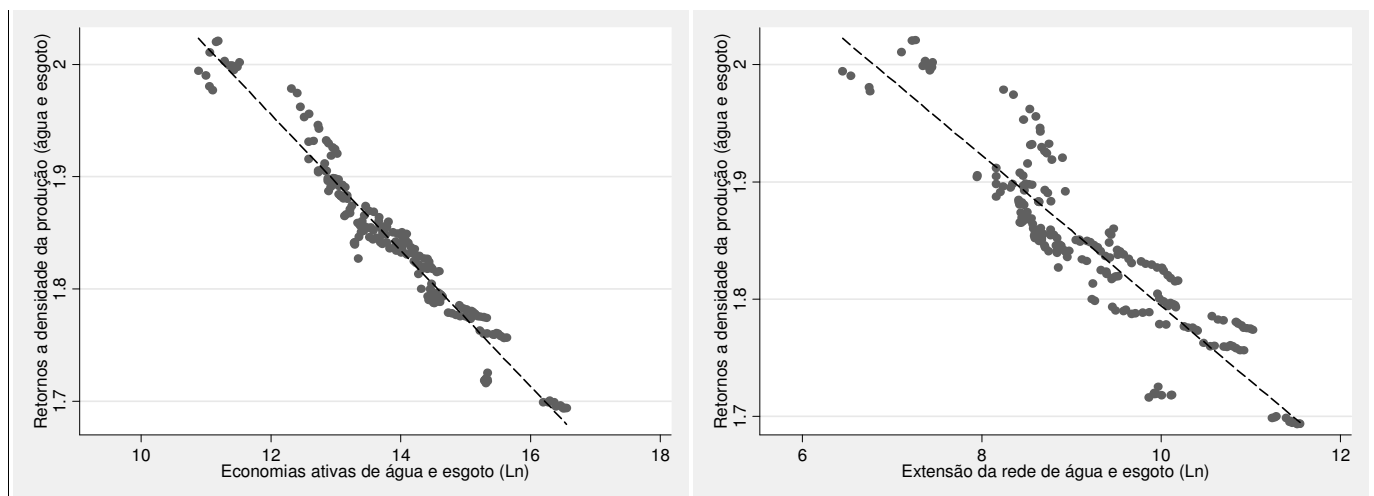
**Figura 3 - Elasticidade-custo do esgoto coletado pelo número de economias ativas de esgoto (esquerda) e pela extensão da rede de esgoto (direita).** Fonte: Elaboração própria, 2010.

Assim, as evidências empíricas encontradas parecem apontar para a importância da dimensão da planta de operação como uma das variáveis principais para a estrutura de custos da firma de água e esgoto. Seguindo estas evidências empíricas, na seção seguinte investigamos a hipótese que as medidas tradicionais para ganhos de escala e concentração de produção estariam estatisticamente relacionadas à escala de produção da empresa.

## 5. Economias de escala, densidade de produção e de consumo: a importância da dimensão de operação da concessionária estadual

Nesta seção são apresentadas as estimativas para os índices de economias de densidade de produção ( $R_{pd}$ ), para economias de densidade de consumo ( $R_{cd}$ ) e para economias de escala ( $RTS$ ), estimados para cada um dos níveis de produção apresentados na amostra dos prestadores de água e esgoto estaduais no período. As estimativas obtidas para estes índices foram testadas contra hipótese nula de retornos constantes ( $H_0$ : estimativa = 1), contra a hipótese alternativa de que são maiores ou menores que um. Para os três parâmetros a hipótese nula foi rejeitada ao nível de significância de 1%, contra as hipóteses alternativas. A média da estimativa de economias de densidade de produção para os prestadores estaduais ( $R_{pd} = 1.84$ ) sugere a existência deste tipo de economias. Assim, o crescimento dos volumes de água e esgoto processados (aumento do consumo *per capita*), mantidas constantes as redes de distribuição e coleta e o número de clientes, apresentaria custos médios menores às concessionárias. Resultado similar ao encontrado por Nauges e van den Berg (2008), que estimaram em 1.5 este índice.

De modo similar, o aumento de do número de conexões, junto com os volumes faturados, nas redes já existentes também trariam retornos positivos às companhias. A estimativa da economia de densidade de consumo para os prestadores estaduais apresentou resultado bem superior à unidade ( $R_{cd} = 1.99$ ). Assim, o aumento dos volumes de água produzida e de esgoto coletado advindos de novas ligações às redes importaria custos médios decrescentes às firmas. Ao permitirmos a variação da dimensão das redes de água e esgoto podemos verificar o comportamento dos custos quanto à existência de economias de escala ( $RTS$ ). O crescimento do nível de produção, acompanhado do aumento do número de economias ativas e da expansão das redes de água e esgoto trariam economias de escala aos prestadores estaduais brasileiros ( $RTS = 1.5$ ). Resultado que parece corroborar a hipótese da literatura de que este seria um setor de monopólio natural.

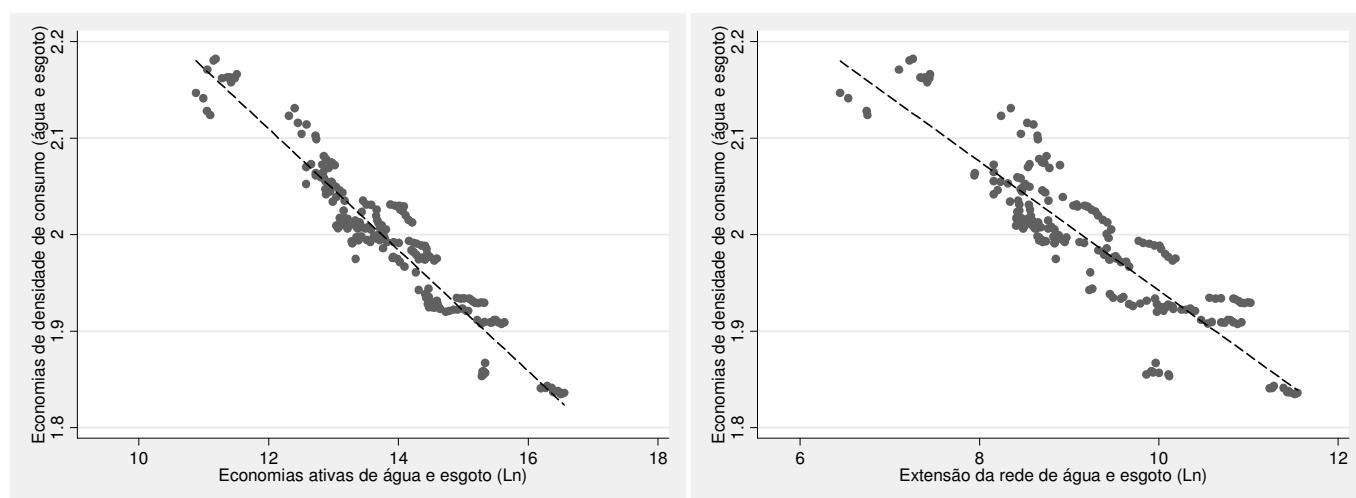


**Figura 4 - Retornos a densidade da produção (água e esgoto) pelo número de economias ativas de água e esgoto (esquerda) e pela extensão da rede de água e esgoto (direita).** Fonte: Elaboração própria, 2010.

Contudo, estes resultados para as médias podem resumir relações destas estimativas de retornos com a dimensão de produção das firmas de saneamento estaduais. Para verificar tal hipótese são tomadas duas *proxies* para a dimensão das empresas: o total de economias ativas de água e esgoto e a extensão das redes de água e esgoto somadas. Primeiramente, na Figura 4 (esquerda) verificamos os retornos à densidade de produção ( $R_{dp}$ ) frente ao número de economias ativas de água e esgoto. Os ganhos de densidade de produção variariam de 1.69, para os prestadores maiores, a 2.02, no caso de firmas com volumes de produção menores. Negativamente correlacionados (significativo a 1%), as estimativas sugerem que firmas menores teriam maiores ganhos de densidade produção ao expandirem os volumes processados, dado o número de economias e as extensões das redes, que as firmas de maiores dimensões. De modo similar, ao tomarmos a extensão das redes como *proxy* (Figura 4, direita), as estimativas

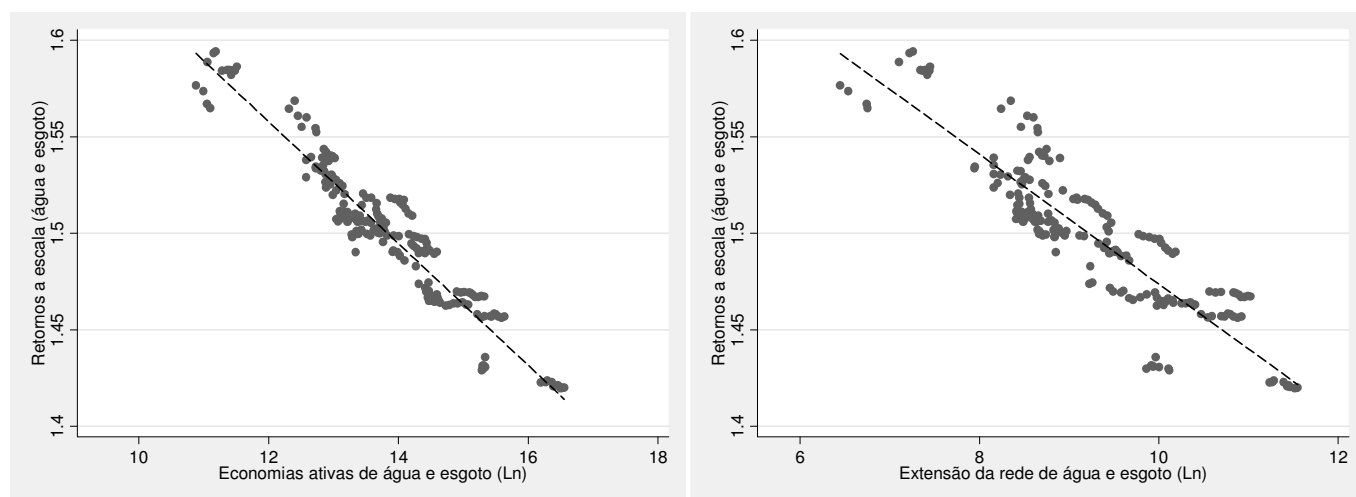
novamente sugerem que as concessionárias que operam redes menores encontrariam ganhos proporcionalmente maiores que aqueles verificados por grandes companhias, via redução do custo médio, com o aumento dos volumes produzidos.

O mesmo movimento é sugerido ao analisarmos as economias de densidade de consumo. A Figura 5 apresenta a evolução do índice de economia de densidade de consumo ( $R_{cd}$ ) para os diversos níveis de economias ativas e extensão total das redes. Os retornos à densidade de consumo variam num espectro de 1,83 a 2,02, para os níveis de produção verificados na amostra. Apesar de o gráfico indicar retornos positivos para todas as dimensões, as firmas de saneamento menores perceberiam economias de densidade de consumo relativamente maiores que aquelas verificadas para as empresas de grande porte, tanto ao analisarmos por meio do número de economias ativas, como pela extensão das redes. Assim, quão menor o porte de operação da companhia mais elevado, proporcionalmente, seria o ganho advindo do crescimento do volume de água produzida e de esgoto coletado, via reduções dos custos médios, atrelado à adição de novos consumidores a sua rede instalada.



**Figura 5 - Economias de densidade de consumo (água e esgoto) pelo número de economias ativas de água e esgoto (esquerda) e pela extensão da rede de água e esgoto (direita).** Fonte: Elaboração própria, 2010.

Economias de escala ( $RTS$ ) também apresentam a mesma evolução que os demais indicadores, variando de 1,42 a 1,59, com estimativas maiores associadas a níveis de produção menores. Ao expandirem sua escala de operação, as concessionárias estaduais enfrentariam custos médios de produção dos serviços menores, porém em escala decrescente. Prestadores com plantas de operação menores teriam, segundo as evidências, ganhos de economias de escala proporcionalmente maiores que os verificados para as empresas com grandes escalas de produção. Entretanto, as estimativas para o índice calculado apontam que economias de escala estariam presentes em todos os níveis de operação verificados para a amostra de companhias estaduais brasileiras, no período de 1998 a 2008.



**Figura 6 - Economias de escala (água e esgoto) pelo número de economias ativas de água e esgoto (esquerda) e pela extensão da rede de água e esgoto (direita).** Fonte: Elaboração própria, 2010.

Em síntese, o setor de água e esgoto, para as empresas estaduais, apresentaria retornos positivos tanto para a densidade de produção, para a densidade de consumo, como para economias de escala. Ganhos sobre o custo médio dos serviços que seriam decrescentes com a dimensão da planta de operação. Firmas menores teriam retornos proporcionalmente mais ganhos com a expansão seja de sua base de produção (volume), de seu número de cliente, como da estrutura completa de operação (ganhos de escala).

## 6. Conclusão

Este artigo buscou fornecer evidências empíricas que auxiliem no diagnóstico das companhias estaduais de saneamento básico brasileiras, principais operadoras do setor de água e esgoto no país. Utilizando dados em painel para as companhias estaduais no período de 1998 a 2008, construídos através das informações do SNIS, este artigo estima uma função de custo *translog*, por máxima verossimilhança, considerando a evolução do termo de ineficiência no período analisado. A partir dos resultados estimados diversas hipóteses são testadas para as empresas estaduais, como a existência de economias de escala, economias geradas pela densidade de produção e densidade de consumo, a relação destes três índices com a escala de operação das companhias. Ademais, são identificados os principais insumos na função custo das firmas e os efeitos de características observáveis da produção sobre o nível de eficiência alocativa das companhias, bem como a identificação das empresas mais eficientes na alocação dos fatores de produção e a tendência do termo de ineficiência observado no período.

As estimativas encontradas, em consonância com estudos anteriores, sugerem que o volume de água produzida tem efeito expressivo sobre o nível de despesas totais da firma. Um incremento de 1% no volume de água produzido teria um impacto de 0,65% sobre as despesas totais dos serviços, com significância estatística de 1%. O volume de esgoto coletado pela companhia não teria a mesma magnitude sobre os custos, uma elevação de 1% no volume de esgoto coletado impactaria em 0,08% as despesas totais do prestador (estatisticamente significativo a 5%). Dentre os insumos de produção, capital fixo e mão-de-obra seriam os dois insumos principais na produção dos serviços de água e esgoto. Segundo os parâmetros estimados, o capital fixo responderia por 27% das despesas totais dos serviços, enquanto os gastos com pessoal próprio responderiam por 35% do total. Evidências que sugeririam uma sobre-utilização do fator trabalho na função de produção das empresas estaduais de saneamento básico.

Adicionalmente, fatores como extensão das redes de água e esgoto, volume de esgoto tratado, população atendida pela rede de esgoto e quantidade de municípios atendidos também influiriam sobre a estrutura de custos das companhias. O termo de ineficiência ( $\eta$ ) estimado apresentou um coeficiente negativo (-0,08) e significativo estatisticamente diferente de zero a 5%. Este resultado sugere que as companhias estaduais teriam perdido eficiência na alocação de seus fatores de produção ao longo do



período analisado. Hipótese que sugere que ao invés de se aproximarem de um ponto ótimo de eficiência na alocação dos recursos e auferindo ganhos de produtividade, em média, as companhias estaduais estariam se afastando do ponto ótimo de eficiência.

A identificação do nível de ineficiência de cada um dos prestadores pode subsidiar a definição de parâmetros de eficiência e definição de *benchmarks* para o setor. No período analisado, enquanto a firma mais eficiente (CESAN/ES) teria sofrido uma variação de menos de 3% no termo de ineficiência, a companhia mais ineficiente teria experimentado um crescimento de 40,6%, passando de 1.33 para 1.87, em seu índice de ineficiência, e sendo 79% menos eficiente na sua estrutura de custo que a prestadora mais eficiente, em 2008. Grandes companhias, como SABESP (São Paulo) e COPASA (Minas Gerais), segundo as estimativas teriam sofrido perdas significativas na alocação dos insumos de produção dos serviços de água e esgoto. A SABESP, no período teria sofrido um acréscimo de 26,4% sobre seu termo de ineficiência. Ademais, esta teria um nível de ineficiência 47% maior que aquele estimado para a companhia mais eficiente (CESAN), no último ano da amostra.

Analisando as estimativas para a elasticidade-custo da água, tem-se que a reposta das despesas totais variaria de 0,44% para as companhias com menor número de economias ativas de água (bem como para extensão da rede de água), ao passo que para os maiores prestadores este impacto seria de até 0,54% sobre os custos totais do serviço. A elasticidade-custo do esgoto coletado estaria diretamente correlacionada às variáveis que refletem os níveis de operação do prestador. Dado uma rede de coleta de esgoto, um crescimento do número de economias ativas de esgoto estaria positivamente relacionado a uma elevação da elasticidade-custo do esgoto. Redes de distribuição maiores também estariam associadas a uma maior elasticidade-custo do esgoto coletado, indo de 0,04% sobre a despesa total para até 0,07%, dado um crescimento de 1% no volume coletado de esgoto. Destarte, as estimativas sugerem que os maiores prestadores enfrentariam maiores impactos em suas despesas totais para a ampliação tanto do volume de água tratado como do volume de esgoto coletado.

A dimensão da companhia estadual também estaria correlacionada aos ganhos advindos de economias de escala, de densidade de produção e densidade de consumo. Segundo as estimativas destes índices, as companhias de saneamento estaduais teriam economias de escala positivas. Entretanto, os prestadores menores teriam ganhos proporcionalmente maiores que os prestadores com grandes plantas de operação. Da mesma forma, a ampliação dos volumes de água e esgoto processados, dada a extensão das redes e o número de clientes, trariam ganhos por redução do custo médio (economias de densidade de produção) relativamente maiores quanto menor for a dimensão do prestador do serviço de água e esgoto. O mesmo movimento é sugerido ao analisarmos as economias de densidade de consumo, onde as firmas de saneamento menores perceberiam economias de densidade de consumo relativamente maiores que aquelas verificadas para as empresas de grande porte.

Por fim, as evidências fornecidas sugerem um cenário preocupante acerca das companhias de saneamento básico estaduais. A constituição recente de agências de regulação que possam induzir ganhos efetivos de produtividade e uma melhor alocação de insumos por parte das firmas, repassáveis as tarifas cobradas dos consumidores, torna-se mais relevante. O desenho de modelos de regulação efetivos e seus efeitos sobre os índices de produtividade e eficiência dos prestadores são cruciais para tentar reverter esta tendência sugerida pela estimação da função custo, além de constituírem um importante objeto para pesquisas empíricas que embasem a ação dos agentes públicos.

## Referências

- ABBOTT, M. e COHEN, B. (2009). Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, 17: 233-244.
- AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K. e SCHMIDT, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.
- BATTESE, G. E. e COELLI, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in Stochastic Frontier Production Function for panel data. *Empirical Economics*, 20: 325-332.
- BHATTACHARYYA, A., HARRIS, T., NARAYANAN, R. e RAFFIIE, K., (1995). Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities. *Regional Science and Urban Economics*, 25: 759-784.

- CARMO, C. M. e TÁVORA JÚNIOR, J. L. (2003) Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. *Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia*. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R. e SWANSON, J. A. (1981). Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U.S. railroads. *The American Economic Review*, 71(5): 994-1002.
- ERBETTA, F. e CAVE, M. (2007). Regulation and Efficiency Incentives: Evidence from the England and Wales Water and Sewerage Industry. *Review of Network Economics*, 6(4): 425-452.
- FARIA, R. C.; SILVA E SOUZA, G. e MOREIRA, T. B. (2005). Public versus private water utilities: empirical evidence for Brazilian companies. *Economics Bulletin*, 8(2): 1-7.
- JORGENSON, D. W. (1986). Econometric methods for modeling producer behavior. In: *Handbook of Econometrics*, Volume 3, by Z. Griliches e M. D. Intriligator. Amsterdam: Elsevier Science Publisher.
- MEESEUN, W. e van den BROECK, J. (1977). Efficiency estimation form Cobb-Douglas production functions with composed errors. *International Economic Review*, 18: 435-444.
- NAUGES, C. e van den BERG, C. (2008). Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies. *Journal of Regulatory Economics*, 34: 144-163.
- OHIRA, T. H. e SHIROTA, R. (2005). Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento. *Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia*. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia.
- PANZAR, J. C. e WILLING, R. D. (1977). Economies of scale in multi-output production. *Quarterly Journal of Economics*, 91: 481-494.
- SAAL, D. e PARKER, D. (2001). Productivity and price performance in the privatized water e sewerage companies of England and Wales. *Journal of Regulatory Economics*, 20(1): 61-90.
- SAAL, D. S. e PARKER, D. (2004). The comparative impact of privatization and regulation on productivity growth in the English and Welsh water and sewerage industry, 1985-99. *International Journal of Regulation and Governance*, 4(2): 139-170.
- SEROA DA MOTTA, R. e MOREIRA, A. (2006). Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brasil. *Utilities Policy*, 14: 185-195.
- SILVA E SOUZA, G.; FARIA, R. C. e MOREIRA, T. B. (2008). Efficiency of Brazilian Public and Private Water Utilities. *Estudos Econômicos*, 38(4): 905-917.
- TUPPER, H. C. e RESENDE, M. (2004). Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*, 12: 29-40.