

Métodos de análise de eficiência de empresas para o setor de saneamento

Thelma Ohira¹

Pedro Scazufca²

A regulação tem como princípios básicos, a proteção dos interesses dos consumidores, a continuidade das diretrizes definidas pelo setor, a garantia da uniformidade e sustentabilidade na qualidade dos serviços e a promoção da eficiência dos serviços. Em geral, dependendo do tipo de serviço prestado, interesses difusos e incentivos econômicos diferentes dos princípios da regulação entram em questão, tais como: políticas de curto prazo, práticas predatórias de redução de preços, contrapartidas financeiras e até o equilíbrio econômico-financeiro de uma empresa prestadora de serviços. Cabe ao órgão regulador a identificação e mensuração de incentivos econômicos corretos. A melhoria de desempenho dos prestadores de serviços regulados deve ser quantificada para que, de forma transparente, seja possível ratear os ganhos de eficiência entre usuários e prestadores, ou até mesmo a divisão das perdas através de taxas.

¹ Doutoranda em Engenharia e Gestão pelo IST/UTL, Mestre em Economia Aplicada pela ESALQ/USP, Economista pela FEA/USP RP. Sócia da Pezco Pesquisa e Consultoria.

² Mestre em Economia pela IPE FEA/USP, Economista pela FEA/USP RP, Assistente Executivo da Presidência SABESP.

Assim, em saneamento, segundo Turolla et all (2008), a regulação está associada, em bases econômicas, a presença de falhas de mercados. Essas falhas acontecem quando não há condições de competição num determinado mercado ou ainda, quando há assimetrias de informação, externalidades, bens públicos e resultados adversos ao esperado. Coelli et all (2003) evidencia que em mercados com características monopolísticas, há sempre uma lacuna a com relação a incentivos à eficiência, que podem resultar em custos superiores aqueles existentes em mercados competitivos. A necessidade de se criar um incentivo correto desenvolveu uma nova forma de regulação, que podem ser várias. As formas mais comuns de regulação, de acordo com a literatura acadêmica, são divididas em dois grandes grupos: taxa de remuneração e regulação por comparação, de acordo com Marques (2005).

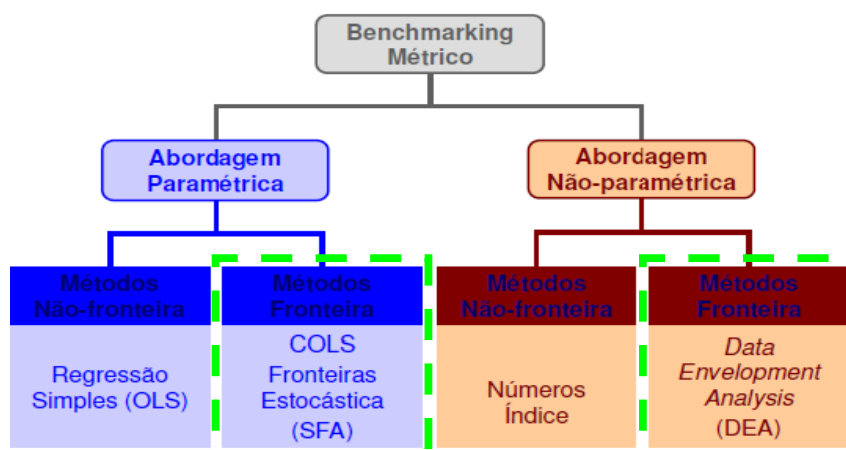
A forma mais difundida e comumente utilizada é a regulação *price cap*, ou seja, há um ajuste máximo dos preços de acordo com a inflação menos um fator X, que seria um indicador de eficiência ou de produtividade das empresas reguladas.

Conceitualmente, eficiência pode ser definida como o resultado máximo obtido de acordo com os fatores empregados. Ou ainda como a capacidade de a empresa utilizar os fatores de produção em proporção ótima, minimizando os custos de produção. Pode-se dizer que essas duas definições coexistem e compõem a chamada eficiência econômica. Em outras palavras, é mais eficiente quem consegue produzir mais com menos.

Os ganhos de eficiência devem ser apropriados e distribuídos de forma adequada tanto para a empresa quanto para os usuários. Para que seja aplicada com sucesso, os indicadores (que um órgão regulador determina para mensuração de desempenho) devem ser comparados em um *benchmarking* composto de firmas ou prestadores de serviços no âmbito global, dado que uma comparação realizada somente com dados do passado da mesma empresa, não envolve bons incentivos regulatórios.

Marques (2005), apresenta graficamente um resumo das abordagens de um *benchmarking* métrico, assim como estão destacados os tipos de análises em, conforme a figura 1 a seguir:

Figura1 – *Benchmarking* métrico



Fonte: Marques (2005) - adaptado

Para esses dois grandes grupos definidos acima, existem metodologias para determinação da eficiência e as mais empregadas são: análise de fronteiras estocásticas (SFA - *Stochastic Frontier Analysis*) e análise envoltória de dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*).

A SFA é uma metodologia paramétrica e estocástica, enquanto a DEA é uma metodologia não paramétrica e determinística. Essencialmente, esses métodos têm como objetivo estimar um *benchmarking* métrico das melhores práticas entre as empresas analisadas, assim como o quão distante cada empresa se encontra do ideal.

Um trabalho pioneiro sobre SFA, que é amplamente citado sobre essa metodologia, foi publicado em 1977 por Dennis Aigner, C. Lovell e Peter Schmidt, no *Journal of Econometrics*. Note-se que essa metodologia exige, por parte do pesquisador, um razoável nível de conhecimento técnico. O autores avaliam que os modelos paramétricos são mais exigentes, pois pressupõem uma função de produção, ou de custo, ou ainda de lucro, que deve ser estimadas; porém, são mais ricos e consistentes com relação à realização de testes de hipótese convencionais.

O segundo método, DEA, devido a sua aplicação ser relativamente mais simples e por isso, mais popular, é também conhecido como CCR, devido aos autores pioneiros desta linha, os professores Abraham Charnes, William Cooper e Edwardo Rhodes, que publicaram um trabalho que se tornou amplamente referenciado em 1978. O método DEA é uma classificação não paramétrica para mensuração comparativa de padrão de eficiência de uma

dada unidade de tomada de decisões (DMU – *Decision Making Unit*). Esta é obtida por intermédio da revelação do desempenho das outras DMUs sob análise, de maneira que a referência não é obtida teórica ou conceitualmente, mas através da observação da melhor prática entre elas. Assim, compara-se o mais eficiente com as demais unidades de decisão, incluindo a unidade sob análise. A resolução de problemas de programação matemática das unidades tomadoras de decisão é feita usando ferramentas matemáticas de programação linear.

SFA - Análise de fronteiras estocásticas

O estudo e aplicação da metodologia de fronteiras estocásticas podem ser encontrados em um resumo histórico de Kumbhakar e Lovell (2000) e mais atualmente, Greene com várias publicações desde a década de noventa até recentemente.

Essa metodologia exige que uma forma funcional seja adotada, ou seja, produção, custo ou lucro.

Uma exemplificação é dada por Shirota (1996), com a especificação do modelo empírico de fronteira estocástica paramétrica, segue a seguinte equação:

$$C_i = C(y_i, w_i | \theta) + \varepsilon_i, \text{ em que;}$$

C_i é o custo observado da i -ésima empresa;

$C(.)$ é uma versão paramétrica da função custo;

$y_i \in R^m_+$ é o vetor de quantidade de produto para a i -ésima observação;

$w_i \in R^{n_+}$ 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 $C(\cdot)$; e,

ε é o termo de erro, composto de duas partes e representado por $\varepsilon = v + u$, com:

$$v \sim \text{iid } N(0, \sigma_v^2), \text{ e}$$

$$u \sim N^+(0, \sigma_u^2),$$

Nesse modelo, deve-se assumir uma distribuição para o erro sistêmico. Conforme a equação acima, assume-se a distribuição meio-normal. Alternativamente, esse componente poderia assumir diferentes distribuições, como por exemplo a distribuição gama e ainda a normal-truncada, demonstrada conforme a equação abaixo:

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

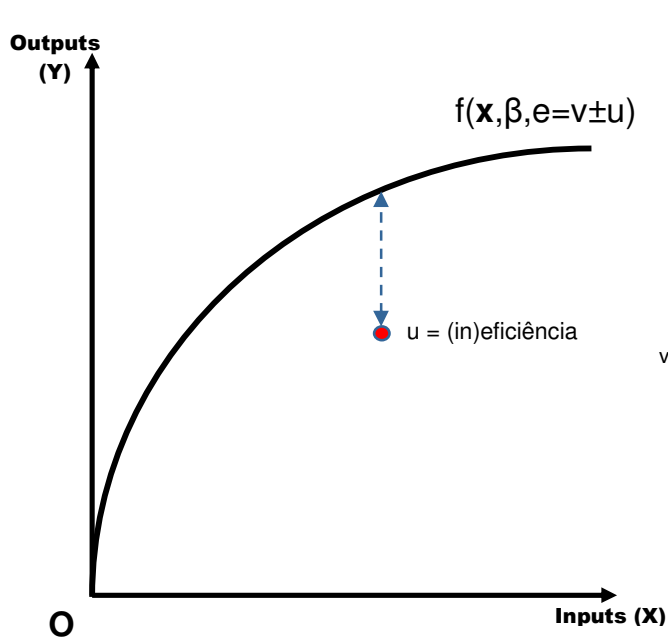
Ainda com relação aos erros, considera-se que o componente v assume-se como um termo de erros aleatórios, tem distribuição normal independente e identicamente distribuída com média 0 e variância σ_v^2 .

Assim, 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 termos u e v são distribuídos independentemente entre si, assim como com os seus regressores.

Resumidamente, a figura 2, representa graficamente a ineficiência u , dada o produto e os fatores de produção e ainda lista alguns autores que, ao longo do tempo, vem desenvolvendo pesquisas e estudos sobre o assunto.

Figura 2 – Esquema da SFA



**Fronteira Estocástica
Produção, Custo e Lucro**

$$Y_i = X_i' + V_i \pm U_i$$

$$\varepsilon = V_i \pm U_i$$

$$v_i \sim \text{iid } N(0, \sigma^2 v);$$

$$u_i \sim N^+(0, \sigma^2 u), \text{ meio-normal};$$

$$u_i \sim N^+(\mu, \sigma^2 u); \text{ normal-truncada};$$

$$u_i \sim \dots \text{ qualquer distribuição definida};$$

v_i e u_i são distribuídos independentemente um do outro e dos regressores

Aigner, Chu (1968);

Seitz (1971);

Timmer (1971);

Afriat (1972);

Richmond (1974); ... ;

"ALS" - Aigner, Lovell, Schmidt (1977);

Meeusen, van den Broeck (1977); ... ;

"JLMS" Jondrow, Lovell, Materov, and Schmidt (1982)

Kumbhakar, Lovell (2000);

Greene (1993, 1997, 2004, 2005, ...)

...

Fonte: elaborado

Apesar do tratamento estatístico permitir uma flexibilidade com testes a serem realizados, separa erros de ineficiência e mantém o rigor na consideração de produção e fatores de produção, ressalta-se que o método possui pontos vulneráveis como a imposição de uma forma funcional para determinada atividade econômica, a escolha da distribuição do erro idiossincrático, depende de dados e informações devem ser de boa qualidade e o número de observações deve ser superior a 30 para validação estatística.

DEA - Análise envoltória de dados

Um dos primeiros estudiosos nessa metodologia foi Farrell (1957), mensurando a eficiência através da produtividade de fatores. Desde então, essa metodologia vem sendo adotada por diversas áreas da regulação, para fins de mensuração de eficiência em diferentes setores da economia

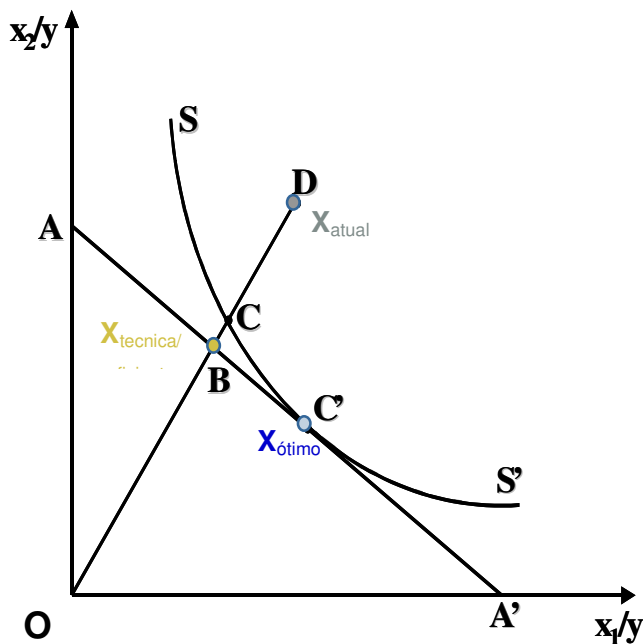
A eficiência pode ser medida como a razão entre produtos e insumos produzidos.

$$Eficiência = \frac{\text{Composição ponderada de produtos}}{\text{Composição ponderada de insumos}}$$

As empresas eficientes da amostra podem ser utilizadas como fator de referência, para que as outras classificadas como ineficientes possam comparar-se entre si e estabelecer suas metas afim de otimizarem sua performance. Essa comparação entre as empresas pode ser feita por indicadores de performance, de maneira simplista por exemplo, se divide os valores produzidos por cada empresa individualmente, pelo maior valor obtido para o conjunto das empresas em análise.

O modelo DEA constrói uma envoltória dos dados resolvendo repetidamente — para cada uma (i) de cada unidades de decisão — o problema onde a produtividade é medida pela distância entre cada observação e a envoltória. A seguir, realiza-se a ordenação de cada uma das unidades produtivas. A empresa mais produtiva terá uma eficiência de 1, e as empresas menos produtivas valores menores.

Figura 2 – Esquema da DEA



FARRELL (1957)
Eficiência Técnica
 $ET_D = OC/OD$
Eficiência Alocativa
 $EA_D = OB/OC$
Eficiência Econômica
 $EE_D = TE_D * EA_D = OB/OD$

Koopmans (1951);
 Debreu (1951);
 Shephard (1953);
 Farrell (1957); . . . ;
 Retornos Constantes "CCR" - Charnes, Cooper, Rhodes (1978);
 Retornos Variáveis "BCC" - Banker, Cooper, Charnes (1984);
 Coelli (1998);

....

Fonte: elaborado

Devido a não determinação de uma função com os parâmetros a serem estimados e por não associar aos modelos qualquer estrutura de probabilidade podendo a amostra ser menor que 30, o modelo apresenta uma maior simplicidade em sua estimativa, mas não separa os erros da ineficiência. O grande problema enfrentado pelo DEA seria considerar que as razões de indicadores podem apresentar problemas interpretativos, mesmo notando-se que implicitamente, gera uma função de produção, via programação linear.

Existem pesquisas que comparam as metodologias, porém isso não seria aconselhável dado que são metodologias concorrentes, inviabilizando suas comparações.

Resumidamente Coelli et al (2003) apresenta as metodologias, conforme o quadro1 abaixo:

Categoria	SFA	DEA
Descrição	Método econométrico que estima uma função de produção e apresenta o termo erro dividido uma parte aleatória e outra parte a ineficiência Fronteiras da função custo e lucro ou ainda a função distância podem ser estimados.	Método de programação linear que constrói uma fronteira não paramétrica de produção construindo uma superfície linear sobre as informações
Dados	Para a fronteira de produção ou distância: uma amostra de dados de produto e fatores para uma firma superior a um número de anos. Para fronteira custo de longo prazo: custo total, preço de fatores e quantidade produzida. Para fronteira custo de curto prazo: custo variável, preço de fatores variável, quantidade fixa de fatores e produtos.	Dados de quantidade de fatores e produtos para uma mesma firma, idealmente superior a um número de anos. Entretanto, há dados de preços disponíveis, pode-se calcular a eficiência alocativa.
Vantagens	Tenta-se controlar o ruído. Variáveis ambientais são facilmente inseridas no modelo. Permite a conduta de teste de hipótese da estatística tradicional Identificam-se com facilidade os <i>outliers</i> . Fronteiras custo e funções distância podem ser multiprodutos.	Identifica um conjunto de firmas eficientes e que tem mesma produção e utilizam o mesmo conjunto de fatores, para cada firma ineficiente. Pode facilmente ser multiproduto. Não assume a forma funcional de fronteira ou uma forma de distribuição do termo erro idiossincrático.
Desvantagens	A decomposição do erro em duas partes pode apresentar problemas devido a especificação da distribuição, viesando o resultado de ineficiência. Requer uma grande amostra para uma estimativa robusta, que pode não estar disponível no começo da vida de um regulador.	Pode haver influência do ruído. Não é possível os testes de hipótese tradicionais. Requer uma grande amostra para uma estimativa robusta, que pode não estar disponível no começo da vida de um regulador.

Fonte: Coelli et al (2003) – adaptado

Há que se notar que a qualidade da informação é de fundamental importância para que os resultados a serem estimados por ambos os métodos e por se tratarem de estimativas, para o início da atividade, um *benchmarking* global seria interessante para que não houvesse viés do passado.

Saneamento

No setor de saneamento, especificamente, as principais falhas de mercado com impacto relevante sobre suas operações, são as seguintes de acordo com Turolla et all (2008):

- a) Uma forte configuração de monopólio natural, que constitui um caso de poder de mercado. Isto ocorre por que o setor se caracteriza pela presença de custos fixos elevados, associados a investimentos em capital de utilização altamente específica à própria atividade. Dada esta estrutura de monopólio natural, a operação de um único produtor pode resultar em maior eficiência produtiva, porém, deve-se controlar por meio de algum mecanismo as distorções alocativas resultantes do poder de monopólio. Um conceito mais amplo de monopólio natural é a presença de uma função de custo sub-aditiva, como avalia, por exemplo, Braeutigam (1989).
- b) uma forte especificidade de ativos. A especificidade do capital empregado no setor inibe o investimento, na medida em que o valor de revenda dos ativos se reduz fortemente após a realização dos investimentos, o que se agrava por se tratar de setor de elevado volume de investimento, mais a média dos demais serviços públicos. No caso de propriedade privada dos ativos, a possibilidade de mudança da relação de forças entre o proprietário

privado e o governo após a realização do investimento, influencia a tomada de decisão, e portanto a assinatura de contratos.

A competição direta deve ser eliminada pelo critério de eficiência produtiva, e por isto a obtenção de eficiência alocativa requer o emprego de competição pelo direito à franquia para servir um determinado mercado. Trata-se da Competição de Demsetz, ou ainda um mecanismo de regulação. Na prática, faz-se a combinação de duas alternativas, com a realização de leilões pela franquia e o estabelecimento de mecanismos de regulação. Nos leilões de franquia, os contratos tipicamente prevêem períodos de proteção que chegam a várias décadas, de forma a garantir a eficiência na presença da sub-aditividade de custos.

c) a incerteza permeia os mercados incompletos, principalmente no que tange a avaliação de projetos de longo prazo, essencialmente se associados a outros tipos de riscos econômicos. As conseqüências são o retardo do desenvolvimento do mercado interno de crédito de longo prazo de instituições não-oficiais voltado especificamente para o setor. Atualmente, os financiamentos estão concentrados nas fontes derivadas do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), e em algumas fontes externas cujo acesso é limitado a tomadores de grande porte.

d) a assimetria informacional é outra falha de mercado, no que tange atributos relevantes não diretamente observáveis para consumidores e produtores, tais como a qualidade da água ou a presença de destinação adequada dos esgotos, entre outros. São assimetrias que demandam regulação técnica sobre os operadores, e abrange o acompanhamento e fiscalização do conjunto de requisitos mínimos para a prestação do serviço, como a regularidade do fornecimento, qualidade da água entregue, adequação dos descartes de água servida, devidamente tratada, e critérios ambientais mínimos.

e) as fortes externalidades do setor acabam também justificando a presença de subsídios. O acesso ao setor constitui poderoso instrumento de redução da pobreza e inclusão social, pois abrange desde o alívio da sobrecarga do serviço de saúde pública, em função da contenção de doenças gastrointestinais, da diminuição da mortalidade infantil, o aumento do capital humano dos mais pobres, e da valorização da propriedade. Funciona como indutor do desenvolvimento econômico regional e de geração de empregos sustentáveis.

Considerando esse cenário posto, a análise de eficiência no setor de saneamento torna-se fundamental para o alcance de metas e melhorias para uma boa gestão. Assim os estudos avançaram e foram aplicadas por muitos pesquisadores.

Autor	País	Base de Dados	Método
Estache e Rossi (2002)	Ásia e Pacífico	50 entidades - 19 países 1995	SFA
Bottasso e Conti (2003)	Inglaterra e País de Gales	31 entidades - 177 observações 1995	SFA
Sauer (2003)	Alemanha	59 entidades 2000/2001	SFA
Kirkpatrick, Parker e Zhang (2004)	África	110 entidades 2000	SFA
Aubert e Reynaud (2005)	Wisconsin (EUA)	211 entidades 1998-2000	SFA
Franquelli e Moiso (2005)	Itália	18 entidades - 407 observações	SFA
Lin (2005)	Peru	36 entidades 1996-2001	SFA
Saal e Parker (2005)	Inglaterra e País de Gales	290 observações 1993-2003	SFA
Filippini, Hrovatin e Zorić (2007)	Eslovénia	52 entidades - 332 observações 1997-2003	SFA
Mugisha (2007)	Uganda	100 observações 1996-2004	SFA
Estache e Rossi (1999)	Ásia e Pacífico	50 entidades 1995	SFA
Ashton (2000a)	Inglaterra e País de Gales	10 entidades - 92 observações 1987-1997	SFA
Estache e Kouassi (2002)	África	21 entidades 1995-1997	SFA
Marinho e Benegas (2002)	Brasil	25 entidades estaduais – 1985-1998	DEA

Carmo e Távora Júnior (2003)	Brasil	26 entidades estaduais - 2000	DEA
Castro (2003)	Brasil	71 entidades 2000	DEA
Tupper e Resende (2004)	Brasil	20 entidades estaduais 1996-2000	DEA
Motta e Moreira (2004)	Brasil	104 entidades 1995-2002	DEA
Faria, Souza e Moreira (2005)	Brasil	279 entidades 2002	SFA
Ohira e Shiota (2005)	Brasil	179 entidades 2002	SFA
Weeks e Lay (2006)	Inglaterra e País de Gales	36 entidades 1992-2002	SFA
Saal, Parker e Weyman-Jones (2007)	Inglaterra e País de Gales	1985-2000	SFA
Sabbioni (2007)	Brasil	1163 observações 2000-2004	SFA
Marques e Silva (2005)	Portugal	45 entidades 1994-2001	DEA
Marques e Silva (2006)	Portugal	70 entidades 2001	DEA
Grigolin (2007)	Brasil	179 entidades 2002	DEA
Marques e Contreras (2007)	Colômbia	1500 entidades 2002-2003	DEA

Fonte: elaborado

No Brasil, com a sanção da Lei de Saneamento, novas diretrizes e exigências da Lei 11.445/2007 e um cenário regulatório começaram a chamar atenção das empresas. Desde o marco regulatório, alguns esforços foram e têm sido empenhados no incentivo de melhorar a sistematização dos serviços regulados, investimento em educação e treinamentos, congressos. Uma meta fundamental é a universalização de serviços de saneamento a preços módicos, conforme a lei no 11.445/07. A eficiência é um princípio fundamental da mesma lei. A eficiência econômica, nas suas três formas, é maximizada quando não existem falhas de mercado, e na presença destas a regulação é um dos mecanismos que estão disponíveis para restaurar o potencial de eficiência na operação dos mercados.

Observações finais

A má regulação, ou ausência dela, constitui hoje um dos vários desafios que, durante décadas, travaram os investimentos em infra-estrutura de água e esgoto. O ponto forte da Lei do Saneamento sancionada é a definição das linhas gerais de um marco regulatório setorial. Ele deverá ser implantado paulatinamente, dependendo das decisões dos milhares de agentes e de poderes concedentes envolvidos.

A lei estabeleceu estabelecidos critérios para decisões regulatórias que poderão criar incentivos adequados, tendo como princípios gerais a independência, transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões.

Os critérios estabelecidos nos remetem a avaliação da gestão e a questão da eficiência. A análise de eficiência não é útil apenas às empresas do setor privado. No setor público, a metodologia é usada em todo o mundo em projetos de privatização, na introdução de mecanismos de regulação e ainda em melhoria da gestão de unidades de serviços públicos.

Foram apresentadas duas importantes ferramentas de mensuração de eficiência com aplicações em casos reais, como elas são utilizadas. Mas deve-se fazer uma ressalva com relação aos modelos. As restrições existentes para adequação de cada metodologia ao setor dependerão das possibilidades do pesquisador. Para exemplificar, a inserção de variáveis geográficas ou de características qualitativas das firmas deve ser considerada se possível, assim como economias de escopo, escala e densidade e a equiparação de níveis de atendimento. Uma questão muito interessante seria o tratamento do subsídio

cruzado em uma análise de eficiência. O isolamento dos efeitos difusos numa ordenação de empresas teria que ser bem detalhado.

Existe uma série de considerações que podem ser inseridas no modelo. As informações que serão utilizadas devem ser o mais verossímil possível, visto que se erradas podem gerar viés na análise e com isso, atrapalhar o arranjo regulatório de um setor, como um todo.

Metodologias para mensurar a eficiência estão se tornando cada vez mais importantes, no ambiente regulado de infra-estrutura do Brasil, para que seja possível conhecer o real nível de eficiência e suas potencialidades e ainda, explorar melhor a adequação dos métodos para os diferentes setores.

Bibliografia

- AIGNER, D.J.; LOVELL, S.F.; SHIMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, v.6, n.1, p.21-37, 1977.
- BRAEUTIGAM, R. R. Optimal Policies for Natural Monopolies. *In: SCHMALENSEE, R. ; WILLIG, R. (eds). Handbook of Industrial Organization*. North-Holland, Amsterdam, 1989, 2 v.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 1978.
- COELLI, T; ESTACHE, A.; PERELMAN, S.; TRUJILLO, L. *A primer on efficiency measurement fo utilities and transport regulators*. The World Bank ed.: Washington DC, 1.ed., 2003, 134p.
- FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v.120, series A, p.253-290, 1957.
- KUMBHAKAR, S.C.; LOVELL, C.A.K. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: University Press, 2000. 333p.
- MARQUES, Rui Cunha. *A regulação dos serviços públicos*. Ed. Sílabo: Lisboa. 1.ed., 2005, 402p.
- TUROLLA, F.A.; OHIRA, T.H.; LIMA, M.F.F. Aspectos econômicos da normatização dos serviços de água e esgoto. *In: GALVÃO JR, A.C.; XIMENES, M.M.A.F. (orgs.). Regulação – Normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. ABAR e ARCE. Pouchain Ramos: Fortaleza, 1.ed., 2008, 510p.