

**Avaliação de empresas de distribuição de energia elétrica com
Análise Envoltória de Dados (DEA)**

Mariana Couto Anjos

Graduação em Engenharia de Produção - UFF

marieanjos@hotmail.com

Bruno Bordin

Graduação em Engenharia de Produção - UFF

b.bordin@yahoo.com.br

João Carlos C. B. Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – UFF

jcsmello@pq.cnpq.br

RESUMO:

Há uma diferenciação das práticas de gestão e operação das empresas brasileiras de distribuição elétrica, mesmo sendo esse setor regulado. Diante disto, utiliza-se aqui a Análise Envoltória de Dados (DEA) para identificar as melhores práticas, ou seja, os benchmarks do setor, e propor possíveis melhorias dos modelos observados. O artigo presente tem como objetivo avaliar a eficiência de distribuidoras de energia do sudeste do Brasil através dos retornos financeiros dados pelas mesmas.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados (DEA), Setor elétrico

1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro depois das privatizações ocorridas no final do século XX corroborou com a consolidação da lógica de "Estado mínimo", em que o mercado adquire centralidade e hegemonia, sendo instrumento capaz de orientar com eficiência a alocação dos recursos e distribuir com equidade os benefícios. Tal concepção beneficia a esfera privada em detrimento da esfera pública para o provimento dos serviços públicos, reservando nesse novo rearranjo o papel de mediador e regulador ao Estado, conforme Leme (2005) destaca.

O discurso de eficiência falado durante o processo de privatização favoreceu muitas empresas. No entanto, podemos perceber que algumas distribuidoras de energia ainda conseguem se diferenciar das demais através de melhores práticas de gestão e operação. Apesar de o setor elétrico brasileiro ser regulado.

A regulação econômica dos serviços de infra-estrutura é desejável e necessária porque os mercados desses serviços são imperfeitos. Há falta de um ambiente competitivo no caso do monopólio natural ou onde a competição acontece, mas sem cumprir as condições exigidas. (Crew e Kleindorfer, 1996 apud Nakano e Managi, 2008).

Atualmente, temos 64 distribuidoras no país, um número extremamente grande que impede ganhos de escala e vai de encontro à política governamental para o setor, que é de oferecer energia cada vez mais barato à população.

Muitas características das plantas de energia buscam a regulamentação, em particular com características monopolista, economias de escala, escopo e densidade que visem o exercício do poder de mercado (Czerny, 2006; Basso, 2008 apud Nakano e Managi, 2008)

Nesse contexto, é de fundamental importância que as empresas de distribuição de energia sejam mais eficientes que seus competidores para que possam ser possíveis consolidadores do setor, ou seja, serão as empresas mais eficientes que irão comprar as demais e as que poderão oferecer o menor preço de energia a população, devido a ganhos de escala.

Dessa forma, este trabalho propõe-se apresentar e identificar a partir do modelo de Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA) uma fronteira de eficiência onde expressa o benchmarking do setor das concessionárias de energia elétrica.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho constituiu-se através de pesquisa bibliográfica sob duas perspectivas principais: (1) entendimento e análise da ferramenta DEA e a (2) aplicação desta no setor elétrico do Brasil através dos retornos financeiros dados pelas empresas de distribuição de energia do país.

No estudo de caso, foram utilizados variáveis como custo fixo da empresa descontando gastos com pessoal, o número de empregados e o Ebitda para a quantificação e a comparação das concessionárias de energia elétrica. Para tal cálculo de eficiência do DEA, utilizou-se o software Lindo e o SIAD.

Como amostra do estudo, foram selecionadas 9 (nove) empresas do setor elétrico encontradas no Sudeste do Brasil, dentre elas empresas privadas e uma estatal. As empresas selecionadas encontram-se no quadro 1.

Quadro 1 – Relação das empresas selecionadas como amostra do estudo

Privadas	Estatais
Ampla	Cemig
Light	
AES Eletropaulo	
Elektro	
Paulista	
Piratinga	
Bandeirante	
Escelsa	

A partir do entendimento dos objetivos e método de pesquisa adotado, apresenta-se a seguir o conteúdo desenvolvido, resultado da metodologia adotada.

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

O método de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA em inglês) é uma ferramenta matemática para a medida de eficiência de unidades produtivas (Soares de Mello *et al.*, 2005).

A especificação de um modelo DEA envolve a seleção das DMUs (Decision Making Unit - “unidades que tomam decisão”) a serem comparadas, a escolha das variáveis insumos e produtos, e o tipo de modelo (Cheberle *et al.*, 2007) .

É aplicável às organizações (referenciadas na literatura como DMUs) que sejam caracterizadas por múltiplos insumos e múltiplos produtos. Utiliza, para cada organização, técnicas de programação linear no cálculo de indicador de eficiência que compara seu desempenho com a combinação convexa mais eficiente das outras observações (produto/insumo virtual). O indicador assume o valor de 1 para as DMUs cuja produtividade é “maior” e menos de 1 se combinações alternativas de insumos/produtos são indicadas como mais eficientes (Yunos & Hawdon, 1997: 258 *apud* Santos & Casa Nova, 2005).

Há dois modelos clássicos conhecidos nos modelos DEA com múltiplos recursos e produtos que são o BCC (Variable Returns to Scale) e o CCR (Constant Returns to Scale). O primeiro modelo foi desenvolvido por Banker et al. (1984), no qual considera retornos variáveis de escala, permitindo que as DMUs operem com valores baixos de inputs e tenham valores crescentes de escala e vice versa. Já o Segundo modelo, apresentado por Charnes et al (1978), trabalha com retornos constantes de escala, que significa que qualquer variação nos inputs produz variação proporcional aos outputs, o aumento (decremento) na quantidade dos inputs, provocará acréscimo (redução) proporcional no valor dos outputs.

Dessa forma, o modelo apresentado por Ceretta & Niederauer (2000) é explicado e mostrado abaixo. “*Considere-se N empresas produzindo m quantidades de produtos y a partir de n quantidades de insumos x. Uma empresa k qualquer produz yrk quantidades de produtos com a utilização de xik quantidades de insumos. O objetivo da DEA é encontrar o máximo indicador de eficiência hk onde ur é o peso específico a ser encontrado para um produto r e vi o peso específico de cada insumo i.*”

$$\text{Maximizar } h_k = \sum_{r=1}^m u_r y_{rk},$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

(1)

h_k = indicador de eficiência para a empresa k

y_{rj} = quantidade do produto r produzida pela empresa j

x_{ij} = quantidade do insumo i consumida pela empresa j

y = quantidade de produtos ; x = quantidade de insumos ; u, v = pesos

r = número de produtos = $1, \dots, m$; i = número de insumos = $1, \dots, n$

j = número de empresas = $1, \dots, N$

Depois da resolução da programação linear proposta por cada empresa, pode-se construir uma curva de eficiência (ou de máxima produtividade) a partir dos pesos encontrados no PPL. A empresa é dita como eficiente e torna-se referência ou benchmarking quando a quantidade de produtos e insumos não pode ser superado por nenhuma outra empresa.

4. DEA E O SETOR ELÉTRICO

O setor elétrico brasileiro é um setor fortemente regulado, mas que atrai investidores dos mais diversos setores e países por ser lucrativo e ainda estar sujeito a poucos riscos, dado a importância do serviço prestado. A cada quatro anos, as empresas têm seus preços de venda de energia reajustados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que leva em consideração uma série de especificidades das áreas de concessão e das diferentes distribuidoras. Portanto, reduzir custos é de fundamental importância para se obter uma maior lucratividade que os concorrentes já que, no mesmo nível de eficiência, teoricamente, todos teriam os mesmos retornos.

5. FORMULAÇÃO DO MODELO DEA

No caso do setor elétrico brasileiro, onde as empresas já estão sob as mesmas condições de competição e considerando que possíveis vantagens competitivas já estejam ponderadas durante o cálculo da tarifa de energia cobrada por cada uma delas, é apropriada a utilização da DEA, pois os ambientes são regulados.

Os resultados encontrados pelo DEA, nesse caso, permitirão saber qual das distribuidoras é a mais eficiente dentre todas as estudadas. Pela concepção do DEA, pelo menos uma deverá ser eficiente.

A formulação do modelo DEA envolve a escolha das DMUs a serem comparadas, a

escolha dos insumos (inputs e outputs), e o tipo de modelo a ser estudado. Para o presente trabalho, foi escolhido o modelo CCR no modelo dos multiplicadores orientado a inputs, por ser um método mais benevolente, sendo possível a escolha dos pesos para cada variável – inputs e outputs para cada DMU, desde que os pesos aplicados a outras DMUs não sejam superiores a 1. Além disso, o modelo permite que mais de uma DMU seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos. Dessa forma, a equação utilizada será a (1) conforme foi explicitado na seção 3.

Em relação aos inputs, foram escolhidas duas variáveis: O custo fixo da empresa descontando gastos com pessoal e o número de empregados. É importante notar que houve um expurgo dos gastos de pessoal no primeiro Input, pois essa variável já é contabilizada no segundo, de modo que se fosse colocado os custos de pessoal nos custos fixos haveria um risco de “*Double-counting*”. O número de empregados exprime além de uma medida de produtividade uma relação da capacidade e qualidade dos funcionários, frente aos concorrentes. Já o custo fixo descontado dos gastos de pessoal demonstra a capacidade da empresa em reduzir custos melhorando seus processos. Não consideramos nos inputs o número de clientes, pois cada empresa apenas pode atuar em um determinada região ou área – por exemplo, como a Ampla atua em Niterói, a Light não poderia atender a população de Niterói. Foi escolhido como output do modelo a variável Ebitda (Earnings before taxes, depreciation and amortization) por cliente, pois esta variável é considerada como o lucro operacional de uma empresa, ou seja, os ganhos obtidos apenas considerando o desempenho operacional da mesma não envolvendo receitas ou despesas financeiras que possam decorrer de uma conjuntura macroeconômica. Dividimos o indicador por clientes para justamente ponderar o ganho de cada empresa, visto que uma empresa com mais clientes naturalmente teria um Ebitda maior que uma que tivesse menos clientes, porém a primeira não seria mais eficiente que a segunda.

Para as DMUs foram escolhidas nove distribuidoras para análise. Essas distribuidoras estão em sua maioria localizadas na região sudeste e possuem um perfil similar. Os dados utilizados são referentes ao exercício de 2009, publicados mais recentemente conforme mostra o quadro 2 .

Quadro 2 – Dados das distribuidoras de energia.

DMU	Símbolo	Input 1	Input 2	Output
Ampla	A	322	1354	654
Light	B	638	3691	1632
Eletropaulo	C	818	7538	1421
Elektro	D	177	952	303
Paulista	E	614	4172	1628
Piratininga	F	201	1066	445
Bandeirante	G	255	2715	745
Cemig	H	125	1184	356
Escelsa	I	270	3098	859

A partir do cálculo do CCR, foi feito para cada DMU o PPL (problema de programação linear), utilizando o software Lindo e o SIAD, para encontrar os resultados. A figura 2 apresenta como foi feito o PPL a partir de uma DMU, nesse caso, a DMU A que se refere à Ampla.

$$\begin{aligned} & \text{Max EffA} = 654u \\ & \text{Sujeito a} \\ & 322v_1 + 1354v_2 = 1 \\ & 654u - 322v_1 - 1354v_2 \leq 0 \\ & 1632u - 638v_1 - 3691v_2 \leq 0 \\ & 1421u - 818v_1 - 7538v_2 \leq 0 \\ & 303u - 177v_1 - 952v_2 \leq 0 \\ & 1628u - 614v_1 - 4172v_2 \leq 0 \\ & 445u - 201v_1 - 1066v_2 \leq 0 \\ & 745u - 255v_1 - 2715v_2 \leq 0 \\ & 356u - 125v_1 - 1184v_2 \leq 0 \\ & 859u - 270v_1 - 3098v_2 \leq 0 \\ & \text{Para } u, v_1, v_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Figura 2 – PPL da DMU A

Quadro 3 – Eficiência do modelo CCR orientado ao Input

Resultado dos pesos							
DMUs	INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT	EFICIÊNCIA PADRÃO	EFICIÊNCIA INVERTIDA	EFICIÊNCIA COMPOSTA	EFICIÊNCIA COMPOSTA*
A	0,0010	0,0005	0,0015	100%	84,28%	57,86%	86,07%
B	0,0004	0,0002	0,0006	100%	67,02%	66,49%	98,90%
C	0,0008	0,0000	0,0004	59%	100%	29,60%	44,04%
D	0,0015	0,0008	0,0023	71%	100%	35,33%	52,56%
E	0,0012	0,0001	0,0006	99%	64,91%	67,22%	100%
F	0,0013	0,0007	0,0021	92%	77,32%	57,51%	85,56%
G	0,0024	0,0001	0,0013	95%	68,70%	62,91%	93,59%
H	0,0052	0,0003	0,0027	96%	62,69%	66,73%	99,27%
I	0,0022	0,0001	0,0012	100%	67,98%	66,01%	98,19%

*EFICIÊNCIA NORMALIZADA

Quadro 4 – Benchmarks do setor

Resultado dos Benchmarks									
	DMU A	DMU B	DMU C	DMU D	DMU E	DMU F	DMU G	DMU H	DMU I
DMU A	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU B	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU C	0,0000	0,3014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU D	0,0999	0,1455	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU E	0,0000	0,7865	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU F	0,1757	0,2022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU G	0,0000	0,0549	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU H	0,0000	0,0662	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DMU I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

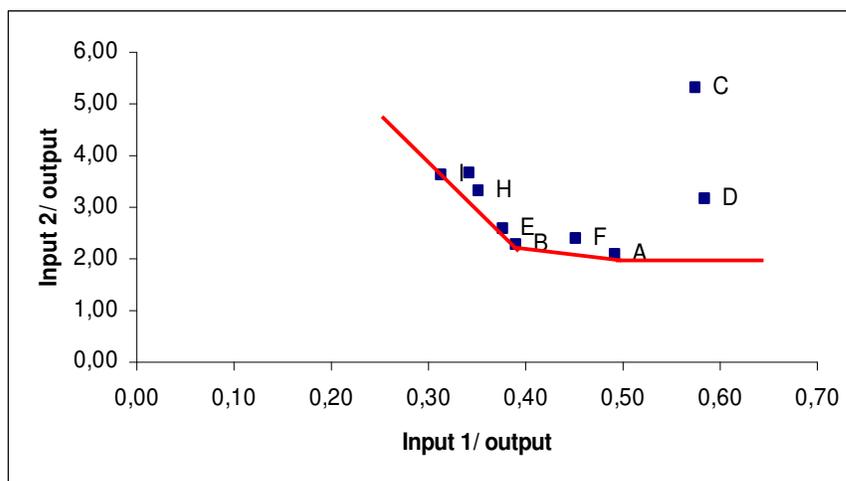


Figura 3 – Gráfico gerado a partir dos resultados encontrados

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

É importante, primeiramente notar, que, como o modelo em questão é o CCR, as variáveis não apresentam variância, sendo a diferença entre as casas decimais irrelevante para encontrar a eficiência.

Outro fato é que o conjunto de DMUs adotado deve ter a mesma utilização de inputs e geração de outputs, variando apenas em intensidade, sendo homogêneo.

O benchmark das unidades ineficientes é determinado pela projeção destas na fronteira de eficiência como é mostrado na figura 3 e aparece os dados no quadro 4. No caso da orientação do modelo ser a inputs, como foi o caso, a eficiência é atingida por uma redução equiproporcional de inputs, mantidos os outputs constantes. Há também a orientação a outputs, quando se deseja maximizar os resultados sem diminuir os recursos. No entanto, os resultados no modelo do CCR não dependem da orientação.

A partir dos valores encontrados no modelo de estudo, pode-se concluir que as DMUs da fronteira do gráfico da figura 3 (a reta vermelha) são eficientes, a eficiência encontrada foi de 100% como mostra o quadro 3. Portanto, os benchmarks para as demais são as DMUs A, B e I, ou seja, as empresas Ampla, Light e Escelsa. É interessante notar que a DMU, E- Paulista- atingiu 99% de eficiência estando bem próximo da fronteira de eficiência e a Eletropaulo e Electro, apresentaram baixa eficiência podendo ser consideradas ineficientes no modelo aqui proposto. As outras empresas, portanto, para maximizarem a eficiência, devem buscar estratégias das DMUs avaliadas, corrigindo as ineficiências de seus processos e serviços através da determinação de alvos por esse modelo adotado.

Dentre todas as empresas que estudamos a Eletropaulo é a maior e mais reconhecida pelo mercado – sendo possível ter tido um desajuste no modelo previsto, por falta de um input que refletisse mais diretamente a dimensão do mercado atendido. A Piratininga e a Paulista são os tops em gestão e ficaram com eficiência alta. A Ampla e Light foram consideradas eficientes, porém no estudo feito não foram levados em consideração os empregados terceirizados que no caso de Ampla e Light são muitos. Portanto, para um estudo futuro propõe-se alocar essa variável para uma melhor análise.

7. CONCLUSÃO

No presente estudo foi proposta uma análise de benchmarking das empresas de distribuição de energia elétrica no sudeste do Brasil com a utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA). Nove concessionárias foram escolhidas para análise e os dados coletados foram referentes ao exercício de 2009.

Entre as vantagens da utilização da análise DEA estão (Santos & Casa Nova, 2005):

- Prescinde de atribuição prévia de pesos às variáveis consideradas no estudo;
- A eficiência de cada empresa é definida de forma individualizada, considerando a atuação das demais em estudo, porém permitindo que a alocação de pesos aos fatores fosse efetuada de forma a maximizar sua eficiência relativa;
- As diferenças de porte podem ser tratadas com a adoção de modelos com retornos variáveis à escala, sem prejuízo às empresas de pequeno porte;
- Diferentemente dos sistemas de atribuição de pontos, mais de uma empresa pode ser classificada como eficiente, compondo a fronteira de eficiência relativa e servindo como referência para a atuação das demais empresas;
- Permite uma visão multifacetada da eficiência e possibilita a análise dos fatores que mais contribuíram para seu atingimento.

Entre os resultados que se encontra (Belloni, 2000b apud Santos & Casa Nova, 2005):

“(…)

- a identificação de um conjunto de unidades eficientes (que determinam a fronteira de eficiência);
- uma medida da ineficiência para cada unidade fora da fronteira (uma distância à fronteira que representa a potencialidade de crescimento da produtividade);
- as taxas de substituição (pesos) que determinam cada região da fronteira de eficiência e caracterizam as relações de valor que ‘sustentam’ a classificação dessa região como eficiente.”

É importante ressaltar que a utilização do DEA, não é a única forma de diagnosticar a empresa e seria interessante explorar as divergências entre outros métodos para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a eficiência empresarial.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30,

| n. 9, p. 1078-1092, 1984.

CERETTA, P.S.; NIEDERAUER, C. A. P. Rentabilidade e eficiência do setor bancário brasileiro. In: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 24., Florianópolis. *Anais*. Florianópolis: ANPAD, 2000.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHEBERLE, L.A.D., LOPES, P.H.S., PESSANHA, J.F.M. Aspectos da Regulação da continuidade dos serviços de distribuição de Energia Elétrica e Revisão tarifária – uma proposta de integração. 2007. Disponível em http://www.s bqee.com.br/cbqee_2007_pdfs/28396.pdf

LEME, A.A. Globalização e reformas liberalizantes: contradições na reestruturação do setor elétrico brasileiro nos anos 1990. *Rev. Sociol. Polit.* [online]. 2005, n.25, pp. 171-192. ISSN 0104-4478. doi: 10.1590/S0104-44782005000200013.

NAKANO, M.; MANAGI, S. Regulatory reforms and productivity: An empirical analysis of the Japanese electricity industry. *Energy Policy* Vol. 36, n. 1, p. 201-209, 2008.

SANTOS, A., CASA NOVA, S.P.C. Proposta de um modelo estruturado de análise de demonstrações contábeis. *RAE electron.* [online]. 2005, vol.4, n.1, pp. 0-0. ISSN 1676-5648. doi: 10.1590/S1676-56482005000100004.

SIAD - <http://www.uff.br/decisao/> acesso em 21 de setembro de 2010.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; NETO, L.B. Curso de Análise de Envoltória de Dados. 2005, SBPO, Gramado