

Análise da eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem DEA

Cristiano Rempel (UNISINOS) - cristianorempel@gmail.com

Carlos Alberto Diehl (UNISINOS) - cd@unisinós.br

Vanessa de Quadros Martins (FURG) - vanessa_qm@yahoo.com.br

Peter Bent Hansen (PUCRS) - peter.hansen@pucrs.br

Resumo:

Esse artigo tem como objetivo analisar a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. A busca por eficiência tem sido constante em muitos setores e cresce em vista da maior competição e das pressões sociais por melhor aproveitamento de recursos. Entre estes, o setor de energia elétrica tem sido demandado a oferecer crescente desempenho que possa apoiar o ciclo de desenvolvimento econômico do país. A técnica de pesquisa utilizada é o levantamento ou survey, classifica-se como descritivo, com abordagem quantitativa, realizado com base em dados de 2012. Utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) e com base no rol de variáveis selecionadas, identificou-se que são eficientes tecnicamente sete empresas dentre as 18 concessionárias de distribuição de energia elétrica brasileiras da amostra, sendo elas: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN e CPFL-PA. A empresa RGE é o melhor benchmark para as empresas ineficientes, detentora de diferentes prêmios de qualidade e gestão do setor. Por fim, o que contribuiu para os escores de eficiência das empresas foi a variável Potência Instalada, tendo como melhorias potenciais para as empresas ineficientes, principalmente as variáveis Extensão da Rede, Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento.

Palavras-chave: *Eficiência Técnica; Setor Elétrico; Distribuidoras de Energia Elétrica; Análise Envoltória de Dados.*

Área temática: *Custos como ferramenta para o planejamento, controle e apoio a decisões*

Análise da eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem DEA

Resumo

Esse artigo tem como objetivo analisar a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. A busca por eficiência tem sido constante em muitos setores e cresce em vista da maior competição e das pressões sociais por melhor aproveitamento de recursos. Entre estes, o setor de energia elétrica tem sido demandado a oferecer crescente desempenho que possa apoiar o ciclo de desenvolvimento econômico do país. A técnica de pesquisa utilizada é o levantamento ou *survey*, classifica-se como descritivo, com abordagem quantitativa, realizado com base em dados de 2012. Utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) e com base no rol de variáveis selecionadas, identificou-se que são eficientes tecnicamente sete empresas dentre as 18 concessionárias de distribuição de energia elétrica brasileiras da amostra, sendo elas: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN e CPFL-PA. A empresa RGE é o melhor *benchmark* para as empresas ineficientes, detentora de diferentes prêmios de qualidade e gestão do setor. Por fim, o que contribuiu para os escores de eficiência das empresas foi a variável Potência Instalada, tendo como melhorias potenciais para as empresas ineficientes, principalmente as variáveis Extensão da Rede, Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento.

Palavras-chave: Eficiência Técnica; Setor Elétrico; Distribuidoras de Energia Elétrica; Análise Envoltória de Dados.

Área Temática: Custos como ferramenta de planejamento, controle e apoio às decisões.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas os setores de infraestrutura no mundo sofreram transformações no sentido de aumentar sua capacidade e uso. Segundo Faria e Gomes (2009) a globalização dos mercados caracterizada, entre outros aspectos, pela abertura econômica para o comércio internacional refletiu em diversos setores de infraestrutura no Brasil, incluindo o setor elétrico. Para Vaninsky (2006) a produção de energia elétrica é um processo abrangente, envolvendo grandes quantidades de recursos de capital, trabalho e tecnologia.

A partir de 1995 o governo brasileiro privatizou parte do sistema objetivando a melhoria da qualidade dos serviços, a livre concorrência, a redução dos preços finais, o reinvestimento na capacidade geradora do país, entre outros. O setor predominantemente monopolista, considerando o domínio do setor por empresas estatais, passou, em parte, a ser operado por empresas privadas licitadas. Uma nova roupagem do sistema elétrico brasileiro foi criada abrindo novas oportunidades e expansão de negócios (FARIA; GOMES, 2009).

Até alguns anos atrás, havia pouco interesse em medidas de redução de consumo ou no aumento da eficiência de processos. Mas devido às citadas alterações recentes na estrutura do setor elétrico é crescente o número de programas e projetos implantados visando estabelecer uma nova conscientização, bem como adotando medidas práticas para o uso eficiente da energia elétrica (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2005). Neste sentido, uma ferramenta vem se expandindo e consolidando como alternativa na avaliação de eficiência relativa das empresas, a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

Segundo Hatami-Marbini, Emrouznejad e Tavana (2011) a DEA é uma metodologia para medir e avaliar a eficiência relativa de um conjunto de unidades de tomada de decisão (*Decision Making Units* - DMUs) que utilizam múltiplas entradas para produzir múltiplas saídas. Para Macedo, Nova e Almeida (2009) as avaliações feitas em caráter relativo, mensurando a eficiência da organização em relação a outras, são geradoras de resultados

potencialmente consistentes. Isto ocorre à medida que informam o posicionamento da empresa perante a referência e as demais empresas, sendo também conhecido como *Benchmark*. Pessanha, Mello e Souza (2010) mencionam que o uso desta técnica é bastante difundido entre os agentes reguladores do setor elétrico, em particular na regulação dos serviços de distribuição e transmissão de eletricidade.

Assim, o objetivo do presente estudo é analisar a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. A partir da mensuração dos escores de eficiência das empresas selecionadas é possível identificar os determinantes da eficiência técnica relativa, definir as unidades *benchmarks*, bem como os percentuais de melhorias para as empresas ineficientes. A relevância do estudo se dá em razão da representatividade do setor elétrico na conjuntura econômica e social e de infraestrutura de um país.

Este trabalho está estruturado em cinco seções iniciando por esta introdução. A segunda seção revisa a literatura e destacam os principais aspectos teóricos que fundamentam a pesquisa, referentes à eficiência, a DEA, e ao setor elétrico. Na seção três descreve-se a metodologia utilizada para elaboração da pesquisa, destacando a classificação, as empresas, o modelo e as variáveis utilizadas. Na seção quatro apresentam-se os resultados e análise dos dados relativos à eficiência, os determinantes, *benchmarks* e seus potenciais de melhoria. Por fim, é apresentada a conclusão na seção cinco, seguida das referências utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Função de Produção e o Conceito de Eficiência

Como a produção envolve o processo de transformação de uma condição de entrada em uma condição de saída, o ato de produzir um determinado nível de saída requer um conjunto de entradas - chamado *input* ou fator de produção (CLARK, 1996). Para Besanko e Braeutigam (2004) a função de produção inclui os seguintes fatores de produção: Capital (K), Trabalho (L) e Tecnologia (T), sendo representado pela equação (1).

$$Q = f(L, K, T) \quad (1)$$

Onde: Q representa a quantidade produzida; f a função; L a mão-de-obra empregada; K o capital investido e; T o nível tecnológico utilizado. Segundo Ferreira (2012, p. 40):

“o capital e o trabalho são os fatores que provocam variações ao longo da função de produção, enquanto a tecnologia pode deslocar a função, fazendo com que a empresa possa produzir mais a partir de uma mesma combinação de insumos, ou utilizar menos insumos para um dado nível de produção”.

Para Sowlati (2005) a eficiência é a capacidade de atingir as saídas com um nível mínimo de entradas e, portanto, é relacionado com a produtividade. Para Sales (2011) a eficiência compara o que foi produzido com o que poderia ter sido produzido, mantendo-se constante a quantidade de insumos. A relação inversa também é verdadeira, pois para determinada quantidade de insumos utilizados tem-se o maior valor de produção possível.

A eficiência ainda pode ser dividida em técnica e alocativa (FARRELL, 1957). A eficiência técnica representa a conversão de entradas físicas em saídas relativas às melhores práticas. Em outras palavras, dada uma tecnologia atual, não há desperdício de entradas na produção para uma determinada quantidade de saída. Já a eficiência alocativa (ou econômica) refere-se ao fato das entradas, dado um nível de saída e uma série de preços de entrada, são escolhidas para minimizar os custos de produção. De forma análoga, com o mesmo custo se obtém um nível de produção maior, assumindo que a organização examinada já é tecnicamente eficiente (BHAGAVATH, 2011).

2.2 Análise Envoltória de Dados

O termo *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados - DEA) foi introduzido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e seu primeiro modelo ficou conhecido como CCR, em referência às iniciais dos seus nomes; mas também é denominado de CRS, do inglês *Constant Returns to Scale* (Retornos Constantes de Escala). Posteriormente o segundo

modelo ficou conhecido como BCC, em referências às iniciais de Banker, Charnes e Cooper (1984), e também denominado de VRS, do inglês *Variables Returns to Scale* (Retornos Variáveis de Escala). A Análise Envoltória de Dados permite que se calcule a eficiência de cada DMU, ao realizar comparações entre as unidades do grupo analisado, no intuito de destacar as melhores dentro dele (FARIA; JANNUZZI; SILVA, 2008), ou seja, uma organização eficiente em um grupo pode não ser em outro e vice-versa. De acordo com Koopmans (1951) uma DMU é totalmente eficiente se e apenas se não é possível melhorar qualquer entrada ou saída sem piorar alguma outra entrada ou saída. Segundo Gomes e Baptista (2004) uma DMU eficiente no modelo CRS também é eficiente no modelo VRS, entretanto a recíproca pode ser falsa.

Ambos os modelos podem maximizar a eficiência sobre duas formas: orientado a produto e orientado a insumo. Segundo Chudasama e Pandya (2008) o modelo orientado a insumo é entendido como: por quanto podem ser reduzidas as entradas mantendo o mesmo nível de saídas; e para o modelo orientado a produto como: por quanto podem ser aumentadas as saídas mantendo o nível de entrada constante.

Todavia, segundo Ferrier, Rosko e Valdmanis (2006) uma desvantagem da metodologia DEA, como é comumente aplicada, é que não há provisão para "ruído", ou seja, não são feitas estimativas adicionais para a presença de parâmetros desconhecidos, e como resultado, todos os desvios da fronteira são tipicamente atribuídos ao desempenho ineficiente.

2.3 O Setor Elétrico Brasileiro

A partir de 1993 várias mudanças foram introduzidas na regulamentação do setor elétrico brasileiro. A lei nº 8.631 de 1993 é considerada um importante marco de mudanças no modelo do setor elétrico ao extinguir a equalização tarifária e estabelecer um novo ambiente para o suprimento de energia. Uma das principais mudanças ocorreu na regulamentação econômica das empresas de distribuição de energia elétrica, tendo como um dos objetivos incentivar o aumento da eficiência das empresas (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

Segundo Faria e Gomes (2009) o marco principal ocorreu no ano de 1995, a partir do qual todas as concessões de serviços públicos, incluindo o setor elétrico, passaram a ser objetos de licitação competitiva. Em 1996 foi criada a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), órgão regulador responsável pela fiscalização das empresas que assumiu a responsabilidade de assegurar a continuidade dos sistemas de energia elétrica. Era preciso adequar-se ao novo mercado; desta forma ocorreram mudanças por parte das empresas participantes na forma de gerenciar e controlar seus recursos (FARIA; GOMES, 2009).

Conforme Doria, Lakoski e Souza (2011) em 1997 foi publicado o relatório do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro. O objetivo da reforma era permitir ao governo concentrar-se nas funções políticas e regulamentares e transferir as funções de operação e investimentos ao setor privado. Naquela época ocorreu a segmentação das atividades de geração, comercialização, transmissão e distribuição. As duas últimas caracterizadas como monopólios naturais exigiram um conjunto maior de regras. Foi introduzida a competição nos setores de geração e comercialização e, nos setores de transmissão e distribuição foi introduzido o chamado "controle de preços", em substituição ao "controle de lucros", para proporcionar incentivos à eficiência.

Segundo Jamasb e Pollitt (2000), a partir dos anos 90, vários países instauraram reformas nos setores de infraestrutura, especialmente no setor elétrico, no sentido de aumentar a competição. Segundo eles, nos segmentos de transmissão e distribuição, vários países adotaram a regulação por incentivos no sentido de buscar a eficiência, que envolve a comparação do desempenho real contra um desempenho de referência. Corroboram Miranda *et al.* (2009) ao mencionarem que nos últimos vinte anos os setores de infraestrutura no mundo inteiro sofreram uma transformação profunda. Nessa perspectiva surgiu o lema de transferir para a iniciativa privada setores caracterizados por domínio público com o objetivo

de aumentar a eficiência operacional, reduzir preços e, conseqüentemente, aumentar a satisfação da sociedade como um todo.

Ainda que com certa similaridade, estes processos de reestruturação apresentam particularidades locais. Observa-se que os EUA e a maioria dos países da Europa ocidental que promoveram a reestruturação do setor elétrico privilegiaram a busca pela eficiência. A China e o leste europeu enfatizaram a descentralização. Já os países da América Latina, inclusive o Brasil, embora também buscassem maior eficiência (via competição), precisaram privilegiar meios de reduzir a necessidade de investimentos do setor público e atrair investimentos privados. Como um resultado importante da reforma do setor, a fixação de regras tarifárias passou a ser de responsabilidade do Agente Regulador (ANEEL), objetivos que pretendem conciliar o interesse dos consumidores e da concessionária regulada, destacando-se: incentivo à eficiência, manutenção do equilíbrio econômico-financeiro da concessão, qualidade adequada do produto e do serviço (SOLLERO; LINS, 2004).

No Brasil o órgão regulador (ANEEL) verifica os resultados da qualidade dos serviços e procura incentivar um comportamento que leve à eficiência (custos operacionais eficientes). Os custos operacionais eficientes são definidos no modelo da Empresa de Referência, baseado em análise econômica e de engenharia, com aderência às condições geográficas, mercadológicas e técnicas da área de concessão (ambiente específico de atividade da concessionária), assegurando a prestação dos serviços com os níveis de qualidade exigidos. Essa metodologia utiliza direcionadores de custo de atividades e recursos e referenciais de mercado (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

Com a publicação da Nota Técnica nº 265/2010, a ANEEL sinalizou que pretende utilizar modelos de *benchmarking* para estabelecer os limites de custos operacionais, entre outras razões, para diminuir a complexidade do modelo da empresa de referência, baseado na parametrização de cada atividade desenvolvida por uma distribuidora de energia. Com os modelos de *benchmarking* os milhares de parâmetros são substituídos por poucos, como número de unidades consumidoras, tamanho da rede de distribuição e mercado atendido, além de algumas variáveis ambientais que caracterizam as áreas de concessão (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

A seção seguinte apresenta os procedimentos adotados para seleção de estudos relacionados ao setor elétrico que utilizaram DEA para mensuração da eficiência.

2.4 Estudos Relacionados à Eficiência no Setor Elétrico

Os critérios utilizados para seleção dos estudos nacionais tiveram como fonte primária a base de dados da CAPES, sendo considerados os seguintes critérios de consulta livre, as palavras “DEA” e “elétrico”. Os estudos internacionais tiveram como fonte primária a base de dados EBSCO, sendo considerados os seguintes critérios de consulta livre, as palavras “DEA” e “electricity”. Em ambos os casos a partir dos estudos encontrados, buscaram-se nas referências outros estudos relacionados e assim sucessivamente.

Encontrou-se nesta pesquisa 19 estudos, sendo três artigos nacionais, 14 internacionais e duas dissertações nacionais. As principais variáveis de insumos e produtos identificadas foram: Potência instalada (kVA); Extensão da rede (Km); Número de empregados; Duração Equivalente de Continuidade (DEC); Frequência Equivalente de Continuidade (FEC); Área do conjunto (Km²); Energia elétrica consumida (MWh) e; Número de consumidores.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Classificação Geral da Pesquisa

Quanto aos objetivos a pesquisa tem caráter descritivo. Para Beuren (2006) a pesquisa descritiva visa relatar os fenômenos estudados, neste caso descrever a realidade das empresas selecionadas quanto a sua eficiência técnica relativa. Quanto à técnica de pesquisa classifica-se como levantamento ou *survey*, no qual, segundo Beuren (2006, p.85), “os dados podem ser coletados com base em uma amostra retirada de determinada população ou universo que se

deseja conhecer”. Neste caso os objetos de estudo são as distribuidoras brasileiras de energia elétrica, e com base em pesquisa documental os dados foram obtidos a partir dos anuários estatísticos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, e nos relatórios financeiros disponíveis no sítio da BM&FBOVESPA. Quanto ao problema de pesquisa o estudo caracteriza-se por ter uma abordagem quantitativa, com o intuito de reduzir os fenômenos a valores numéricos, por meio da utilização de um instrumento matemático como base no processo de análise do problema (RICHARDSON, 1999). Para tratamento das variáveis (insumos e produtos) de cada uma das unidades distribuidoras de energia elétrica foi utilizado o software *Frontier Analyst 4.0*.

3.2 População

Quanto às empresas a serem analisadas neste estudo foram selecionadas as empresas listadas na BM&FBOVESPA (2012) classificadas no segmento de energia elétrica, totalizando uma população inicial de 64 empresas. Entretanto, para atingir aos objetivos propostos as empresas devem ser definidas com base em DMUs semelhantes em seus processos produtivos, atividades, insumos e produtos finais. Neste caso, foram excluídas da amostra as empresas cuja atividade principal é a participação em outras sociedades (holdings), empresas geradoras, transmissoras ou comercializadoras de energia elétrica. Dessa forma a população efetiva restringe-se às empresas distribuidoras de energia elétrica, resultando em 18 empresas, conforme Quadro 1, tratando-se, nestes termos, de um censo.

Sigla	Estado	Sigla	Estado	Sigla	Estado	Sigla	Estado
AES SUL	RS	COELBA	BA	CPFL-PA	SP	ESCELSA	ES
AMPLA	RJ	COELCE	CE	CPFL-PI	SP	LIGHT	RJ
BANDEIRANTE	SP	CEMAR	MA	ELEKTRO	SP	RGE	RS
CELPA	PA	COSERN	RN	ELETROPAULO	SP		
CEMAT	MT	CEEE-D	RS	ENERSUL	MS		

Fonte: Elaborado pelos autores com base em BM&FBOVESPA.

Quadro 1 – Empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica

A escolha do setor elétrico é do tipo intencional (BEUREN, 2006), pois o mesmo tem atribuições compatíveis com o objetivo deste estudo, a de determinar a eficiência técnica relativa das distribuidoras brasileiras de energia elétrica. Além disso, a acessibilidade às informações junto a ANEEL e a BM&FBOVESPA e a qualidade das informações disponíveis - por se tratar de um setor regulado - viabilizam o estudo.

3.3 Coleta, Tratamento e Análise de Evidências

As variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas para análise da eficiência das unidades selecionadas restringiram-se ao ano 2012, pois o estudo não é longitudinal. Além disso, a definição do ano foi realizada principalmente em função da atualidade e disponibilidade das informações obtidas nos anuários estatísticos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e nos relatórios financeiros disponíveis no sítio da BM&FBOVESPA.

Na definição dos insumos e produtos identificou-se a necessidade de unificar as variáveis Área do Conjunto (Km²) e Número de Consumidores na variável Densidade Demográfica (Unidades/Km²), visando tornar as empresas comparáveis. Se fossem consideradas cada variável em separado, uma empresa poderia modificar seu escore de eficiência pelo simples fato de possuir uma grande área de concessão, como é o caso de empresas que atuam principalmente nas regiões onde a área de concessão corresponde aos limites geográficos estaduais. Assim como, também, uma empresa poderia ter seu escore afetado se a sua área de concessão tivesse abrangência menores que de um Estado, como ocorre principalmente na Região Sudeste.

Outras variáveis que se optou pela unificação é o DEC e FEC na variável DGC (Desempenho Global de Continuidade), visto que este último engloba ambos os indicadores de continuidade das distribuidoras. Além disso, o DGC acrescenta no indicador os

limites/metras de níveis de continuidade estabelecidos para cada área de concessão. Este indicador, por representar uma saída indesejável (quanto menor, melhor), foi considerado no modelo como um produto negativo.

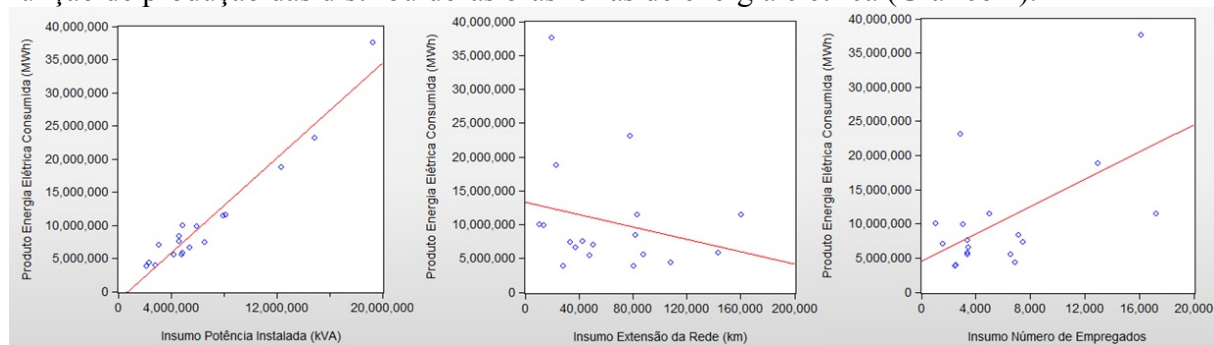
Variáveis		Descrição
Insumos	Potência instalada (kVA)	Potencial de distribuição de energia. Corresponde a capacidade instalada de transformadores de distribuição em quilovoltampere (kVA).
	Extensão da rede (Km)	Tamanho da rede. Corresponde ao comprimento da rede em quilômetros (Km) que atendem a área urbana, rural, redes próprias e redes particulares.
	Número de empregados	Quantidade de funcionários. Corresponde ao total de mão-de-obra empregada e terceirizada ao final do ano.
Produto	DGC	Indicador de desempenho global de continuidade de uma distribuidora. Corresponde ao nível de continuidade da distribuidora (DEC e FEC) em relação aos limites estabelecidos para a sua área de concessão.
	TMA (minutos)	Tempo médio de atendimento em minutos para as ocorrências emergenciais. Corresponde à soma do Tempo Médio de Preparação (TMP), Tempo Médio de Deslocamento (TMD) e Tempo Médio de Execução (TME) das ocorrências emergenciais.
	Energia elétrica consumida (MWh)	Total de energia elétrica consumida. Corresponde a eletricidade fornecida no ano em megawatts hora (MWh) na esfera residencial, industrial, comercial, rural ou outras .
	Densidade demográfica (unidades/km ²)	Quantidade de clientes atendidos em relação à área total atendida. Corresponde ao total de unidades consumidoras residencial, industrial, comercial, rural ou outras classes dividido pela área de serviço em quilômetros quadrados (Km ²).

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos estudos relacionados.

Quadro 2 – Variáveis de insumos e produtos selecionadas

Neste mesmo sentido, e para melhor explicar os escores de eficiência das empresas, foi incluído no modelo a variável TMA (Tempo Médio de Atendimento), sendo considerado mais um indicador operacional de qualidade dos serviços do setor elétrico. Após os devidos ajustes as variáveis selecionadas que comporão o rol de insumos e produtos a análise da eficiência técnica e suas respectivas descrições são apresentadas no Quadro 2.

Quanto à orientação utilizada é o de minimização de *inputs*, ou seja, orientado a insumo, pois se busca minimizar os insumos utilizados mantendo o nível dos produtos. Este fato é corroborado por Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004) ao mencionarem que a especificação da orientação a insumo é geralmente considerada como a forma adequada para concessionárias de distribuição de energia, já que a demanda por seus serviços é uma demanda derivada que está além do controle dos serviços públicos e que tem de ser cumprida. Quanto à definição do modelo DEA utilizado, se retornos constantes (CRS) ou variáveis de escala (VRS), foi obtido da avaliação da relação do produto com os principais insumos da função de produção das distribuidoras brasileiras de energia elétrica (Gráfico 1).



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Gráfico 1 – Relação entre Energia Elétrica Consumida e variáveis de insumos

Em todos os gráficos, considerando as principais variáveis de insumos, Potência Instalada, Extensão da Rede e Número de Empregados, para o produto Energia Elétrica

Consumida, percebe-se que um aumento nos valores de *inputs* gera uma variação proporcionalmente maior ou menor no *output*. Logo, o modelo DEA que melhor se ajusta a realidade das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica considera retornos variáveis de escala (VRS). Por fim, o software que foi utilizado para a determinação da eficiência técnica relativa das empresas distribuidoras de energia elétrica brasileiras é o *Frontier Analyst 4.0*.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise da Eficiência Técnica das Distribuidoras de Energia Elétrica

A minimização da função de produção a partir do software *Frontier Analyst 4.0* permitiu a obtenção dos escores de eficiência de cada unidade. Após ter sido definido o modelo VRS como o mais adequado para atingir o objetivo do estudo, chegou-se aos resultados por DMU apresentados na Tabela 1. Os escores estão em escala ordinal de eficiência, sendo consideradas as unidades eficientes àquelas que apresentam escores de 100% e as unidades ineficientes àquelas que apresentam escores inferiores a 100%. Os escores variam de 100% a 56,40%, sendo que sete (38,89%) das 18 empresas de distribuição de energia elétrica brasileiras atingiram o escore igual a 100% e 61,11% das empresas ficaram na faixa de empresas com escores inferiores a 100%, o escore médio sendo de 80,96%.

Foram analisados aspectos técnicos da qualidade dos serviços oferecidos aos consumidores no fornecimento de energia elétrica. Segundo a ANEEL (2012) destacam-se neste aspecto os indicadores de continuidade DEC (Duração Equivalente de Continuidade) e FEC (Frequência Equivalente de Continuidade). O DEC registra quantas horas em média por ano o consumidor ficou sem energia elétrica e o FEC indica quantas vezes em média a luz faltou para os consumidores. Para comparar o desempenho de uma distribuidora em relação às demais empresas do país, pois os limites e medições de DEC e FEC são estimados e registrados por município, foi criado recentemente pela ANEEL o indicador DGC (Desempenho Global de Continuidade). Conforme site da ANEEL (2012) o indicador permite avaliar o nível da continuidade da distribuidora (valores apurados de duração e frequência de interrupções) em relação aos limites estabelecidos para a sua área de concessão (limites determinados pelas resoluções autorizativas da ANEEL).

Tabela 1: Escores das empresas distribuidoras de energia elétrica

DMU's	ESCORES	DEC	FEC	DGC	RANK.	TMA
CPFL-PI	100,00%	5,64	4,23	0,66	3°	98,81
CEMAR	100,00%	21,64	10,91	0,63	2°	660,23
ELETROPAULO	100,00%	8,35	4,65	0,82	7°	234,8
COELCE	100,00%	8,06	4,62	0,46	1°	220,29
RGE	100,00%	14,33	8,75	0,81	6°	206,17
COSERN	100,00%	14,49	7,91	0,73	4°	151,22
CPFL-PA	100,00%	7,48	5,37	0,81	6°	118,32
ENERSUL	87,70%	12,73	8,08	0,78	5°	229,73
BANDEIRANTE	81,30%	9,42	6,03	0,85	10°	176,22
AESSUL	77,30%	14,11	8,41	0,83	8°	333,43
LIGHT	76,80%	18,15	8,39	1,53	15°	750,53
COELBA	68,40%	19,98	8,87	0,88	11°	222,28
ELEKTRO	67,80%	9,82	5,33	0,84	9°	402,45
CELPA	63,10%	102	51,01	2,01	16°	669,86
CEEE-D	62,10%	19,36	12,96	1,06	13°	314,03
ESCELSA	59,80%	9,88	6,37	0,83	8°	362,72
AMPLA	56,60%	16,93	9,04	0,98	12°	669,29
CEMAT	56,40%	33,75	24,22	1,07	14°	253,38
Correlação com a eficiência		-38,97%	-42,87%	-53,33%	-81,18%	-42,85%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Segundo informações disponíveis no site da ANEEL (2012) outro indicador

operacional do setor elétrico é o Tempo Médio de Atendimento (TMA), que avalia às ocorrências emergenciais por meio de indicadores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras. Esse indicador é apurado mensalmente pelas concessionárias de distribuição para cada conjunto de unidades consumidoras, e é expresso em minutos. Compõe a soma dos seguintes indicadores: Tempo Médio de Preparação (TMP), Tempo Médio de Deslocamento (TMD) e Tempo Médio de Execução (TME). A Tabela 1 apresenta o grau de correlação da eficiência com os indicadores de continuidade dos serviços e o TMA.

Observa-se na Tabela 1 que há correlação entre o ranking de continuidade dos serviços e os escores da eficiência técnica relativa das empresas selecionadas. Para confirmar a correlação existente entre o DGC e os escores de eficiência técnica relativa, retirou-se do modelo a variável DGC. Percebe-se que a mesma não teve influência significativa nos resultados dos escores de eficiência técnica, pois a correlação do ranking de continuidade dos serviços e os escores de eficiência técnica relativa mantiveram-se em -74,75%.

Os resultados desta pesquisa indicam, conforme Tabela 1, que existe uma correlação mediana entre o indicador de Tempo Médio de Atendimento (TMA) e os escores da eficiência técnica relativa das empresas selecionadas. A fim de confirmar essa correlação, retirou-se do modelo a variável TMA. A mesma não teve influência nos resultados dos escores de eficiência técnica, mantendo-se o mesmo grau de correlação e corroborando os resultados dos determinantes da eficiência técnica, explanados na seção 4.3, os quais não apresentaram percentuais representativos de contribuição do TMA para os escores da eficiência.

4.2 Análise dos Determinantes da Eficiência Técnica

A Tabela 2 apresenta os percentuais que cada *input* e *output* contribuíram para os escores da eficiência técnica relativa de cada DMU eficiente, enquanto a Tabela 3 apresenta a mesma relação, porém para as DMU's ineficientes. Os altos percentuais de desvios padrões indicam que os valores alteram consideravelmente em ambas as variáveis. Percebe-se assim que a eficiência não é determinada por apenas um *input* ou *output*, mas por sua combinação. Ou seja, uma variável não explica o setor, mas explica uma empresa. Desconsiderando a variável Extensão da Rede que não contribuiu para os escores de eficiência de nenhuma das DMUs eficientes, em pelo menos uma das variáveis de cada DMU percebe-se que existe algum *input* ou *output* que não contribuiu para o escore de eficiência, representando 0%.

Tabela 2: Percentuais de contribuição dos inputs e outputs para unidades eficientes

DMU's	Inputs			Outputs			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Número de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Densidade Demográfica
CPFL-PI	0,00	0,00	99,90	117,30	0,00	0,00	-17,30
CEMAR	99,90	0,00	0,00	100,80	0,00	0,00	-0,80
ELETROPAULO	99,90	0,00	0,00	0,00	0,00	99,90	0,00
COELCE	99,90	0,00	0,00	-39,60	0,00	0,00	139,60
RGE	56,20	0,00	43,70	99,90	0,00	0,00	0,00
COSERN	52,70	0,00	47,20	99,90	0,00	0,00	0,00
CPFL-PA	0,00	0,00	99,90	124,30	24,40	-48,70	0,00
MÉDIA	58,37	0,00	41,53	71,80	3,49	7,31	17,36
MÁXIMO	99,90	0,00	99,90	124,30	24,40	99,90	139,60
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	-39,60	0,00	-48,70	-17,30
DESV. PADRÃO	44,77	0,00	44,77	64,31	9,22	44,68	54,28

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Conforme Tabelas 2 e 3, nota-se que entre os *outputs* o DGC é a variável que mais contribuiu para os escores de eficiência das distribuidoras brasileiras de energia elétrica. A variável DGC contribuiu principalmente para que as eficientes atinjam os níveis máximos, visto que para as empresas ineficientes o mesmo não contribuiu. Porém, conforme destacado no capítulo 4.2, a exclusão dessa variável do modelo afeta pouco os resultados da eficiência.

Já no lado dos *inputs* a potência instalada se destaca com uma média de 58,37% para as empresas eficientes e 82,99% para as empresas ineficientes, sendo também um fator determinante na avaliação da eficiência dessas. Essa variável é a determinante da eficiência técnica das distribuidoras brasileiras de energia elétrica, ou seja, a que mais contribuiu para os escores de eficiência. O tópico 4.3 abordará e ampliará o enfoque na questão dos percentuais de melhorias para as diversas variáveis, assim como a análise das unidades *benchmarks*.

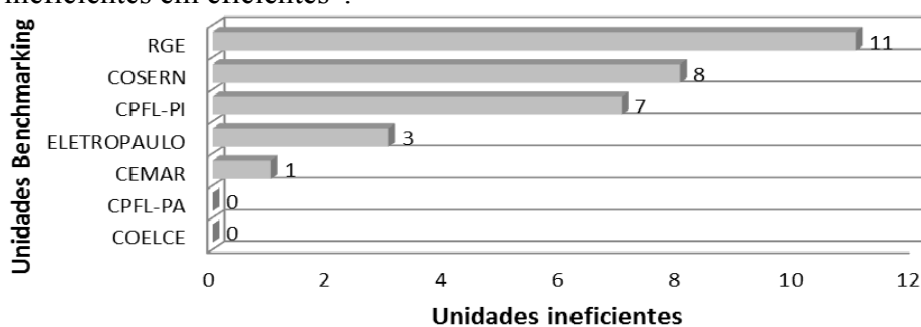
Tabela 3: Percentuais de contribuição dos inputs e outputs para unidades ineficientes

DMU's	Inputs			Outputs			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Número de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Densidade Demográfica
ENERSUL	52,80	0,00	47,10	65,90	51,90	-17,60	-0,30
BANDEIRANTE	96,50	3,40	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
AESSUL	87,50	12,40	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
LIGHT	98,80	1,10	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
COELBA	99,90	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
ELEKTRO	93,10	0,00	6,80	0,00	0,00	100,00	0,00
CELPA	99,80	0,10	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
CEEE-D	90,30	9,60	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
ESCELSA	42,40	10,40	47,00	56,70	66,30	-20,00	-3,00
AMPLA	92,60	7,30	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
CEMAT	59,20	0,00	40,70	74,50	47,20	-21,60	-0,10
MÉDIA	82,99	4,03	12,87	17,92	15,04	67,35	-0,31
MÁXIMO	99,90	12,40	47,10	74,50	66,30	100,00	0,00
MÍNIMO	42,40	0,00	0,00	0,00	0,00	-21,60	-3,00
DESV. PADRÃO	20,96	4,92	20,75	30,95	26,13	55,93	0,90

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

4.3 Análise das Unidades *Benchmarks* e dos Percentuais de Melhoria

A metodologia DEA permite encontrar soluções de eficiência para as DMUs menos eficientes, os chamados *benchmarkings*. As distribuidoras de energia elétrica onde o escore de eficiência se mostrou superior podem ser utilizadas como referência para as demais empresas e a elas mesmas. Conforme Cavalcante e Faria (2009, p. 49) “estes *benchmarks* indicam o que precisa ser modificado nos *inputs* ou *outputs* e como melhorá-los para transformar unidades ineficientes em eficientes”.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Gráfico 2 – Benchmarking das unidades ineficientes

O Gráfico 2 apresenta a classificação das empresas eficientes para a quantidade de empresas ineficientes que as mesmas são referências. É possível perceber que a RGE é a empresa que destaca como Benchmark para o maior número de unidades ineficientes (onze de onze). Tanto a CONSERN (oito), como CPFL-PI (sete), são bons exemplos de comparação para aquelas empresas ineficientes que almejam chegar aos percentuais ótimos de eficiência. Já as empresas ELETROPAULO (três) CEMAR (um), CPFL-PA (zero) e COELCE (zero) não são os melhores exemplos de comparação para as DMU's selecionadas, porém ainda assim são distribuidoras de energia elétrica do rol de empresas eficientes.

Conforme o Gráfico 2 é possível perceber que a RGE é a empresa que destaca como *Benchmark* para o maior número de unidades ineficientes (onze de onze). Tanto a CONSERN (oito), como CPFL-PI (sete), são bons exemplos de comparação para aquelas empresas ineficientes que almejam chegar aos percentuais ótimos de eficiência. Já as empresas ELETROPAULO (três) CEMAR (um), CPFL-PA (zero) e COELCE (zero) não são os melhores exemplos de comparação para as DMU's selecionadas, porém ainda assim são distribuidoras de energia elétrica do rol de empresas eficientes.

Uma das questões relevantes para as empresas *benchmarks* são os prêmios que as mesmas recebem. A Tabela 4 apresenta as distribuidoras de energia elétrica que receberam prêmios da ABRADDEE nos últimos três anos. Como a própria ABRADDEE (2013) define o prêmio: “é a parte mais visível do Programa *Benchmarking*”. Este programa foi criado para aumentar a competitividade, aprimorar a gestão e buscar a excelência no serviço prestado à população brasileira. Além disso, busca identificar os referenciais de desempenho e as melhores práticas para disseminá-los entre todas as distribuidoras, propiciando um rápido e sustentado processo de melhoria da qualidade (ABRADDEE, 2013).

Tabela 4: Empresas vencedoras do prêmio ABRADDEE

DMU's	ESCORES	PRÊMIOS	DMU's	ESCORES	PRÊMIOS
RGE	100,00%	7	AESSUL	77,30%	2
COSERN	100,00%	2	LIGHT	76,80%	0
CPFL-PI	100,00%	2	COELBA	68,40%	0
ELETROPAULO	100,00%	2	ELEKTRO	67,80%	11
CEMAR	100,00%	1	CELPA	63,10%	0
CPFL-PA	100,00%	3	CEEE-D	62,10%	0
COELCE	100,00%	13	ESCELSA	59,80%	0
ENERSUL	87,70%	4	AMPLA	56,60%	0
BANDEIRANTE	81,30%	1	CEMAT	56,40%	0

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Constata-se que as empresas *benchmarks* RGE e COELCE receberam o maior número de prêmios em relação às demais empresas de referência. No ano de 2012, conforme relatórios de administração, a RGE recebeu o prêmio em duas categorias: Qualidade da Gestão e como a Melhor Distribuidora de Energia da Região Sul. Já a COELCE, embora não considerada a principal empresa de referência do estudo, se destaca pelos consecutivos prêmios que têm recebido nas premiações da ABRADDEE, sendo classificada como a Melhor Distribuidora de Energia do Brasil (4º ano consecutivo) e também a Melhor na Avaliação do Cliente (4º ano consecutivo). Ainda foi conquistado o prêmio de Melhor Distribuidora do Nordeste (7º ano consecutivo), o 1º lugar do Brasil em Responsabilidade Social (2º ano consecutivo), e 1º lugar em Qualidade da Gestão no ano de 2012.

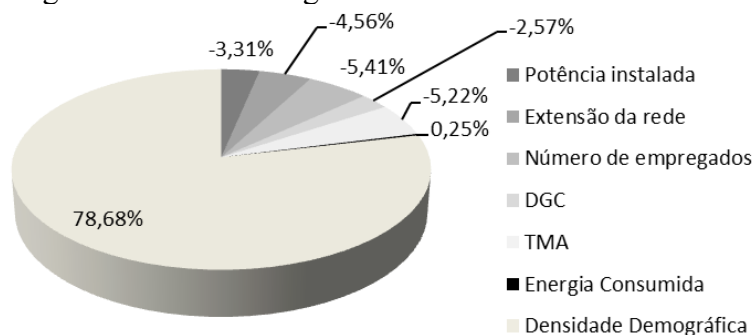
Conforme relatórios de administração da COELCE, além de receber as agremiações da ABRADDEE, a empresa foi reconhecida pelo Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) edição 2011 pela qualidade de sua gestão. O prêmio tem validade de dois anos consecutivos para a empresa vencedora, sendo reconhecida como uma empresa de classe mundial. Além disso, recebeu um dos maiores reconhecimentos internacionais em gestão, o Prêmio Iberoamericano de Qualidade 2012. A companhia alcançou nível Ouro, que é o título máximo concedido pela *Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad* (Fundibeq), responsável pela avaliação das práticas de gestão de empresas da América Latina, Portugal e Espanha. Somente as premiadas no PNQ estão credenciadas a participar do Iberoamericano.

O destaque para essas empresas fica mais evidente quando comparado ao número de prêmios recebidos pelas empresas ineficientes, conforme Tabela 4. Verifica-se que as mesmas obtiveram baixo número de agremiações no período. Percebe-se que as concessionárias ENERSUL e ELEKTRO, consideradas empresas ineficientes, apresentam consecutivos prêmios da ABRADDEE. A primeira aparece próximo às empresas semiefficientes com 87,70%

de eficiência, ou seja, justificam-se os 4 prêmios destacados nos últimos três anos. Enquanto que no caso da empresa ELEKTRO, um dos fatores que pode ter afetado sua eficiência em 2012 (67,80%), conforme relatórios de administração das empresas, é que a mesma foi a única empresa da amostra que teve redução no fornecimento/consumo de energia elétrica quando comparado ao mesmo período do ano anterior.

Os percentuais de melhorias possibilitam projetar as unidades ineficientes para a fronteira de eficiência, sugerindo valores ótimos de produção e insumo. Isso permite avaliar o nível de desempenho atual ou efetivo e estabelecer metas possíveis de serem concretizadas. Além disso, permitem ao gestor o planejamento de metas a serem desenvolvidas, porém a empresa precisa ponderar se os percentuais são passíveis de serem alcançados.

Analisando as variáveis de insumos e produtos para o total de DMU's selecionadas, os resultados sugerem que as melhorias potenciais totais sejam principalmente na Densidade Demográfica (78,68%), conforme Gráfico 3. Porém, isso não depende da própria empresa, uma vez que a área de concessão é o território geográfico onde cada empresa é contratualmente obrigada a fornecer energia elétrica.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados.

Gráfico 2 – Melhorias potenciais totais

Nota-se também que para a variável Energia Elétrica Consumida a distribuição é equivalente entre as distribuidoras, pois são sugeridos percentuais baixos de melhorias para as empresas em análise (a maioria das empresas possuem percentuais de melhoria igual a zero, conforme Tabela 5). Isso se deve a orientação do modelo que é a insumo, ou seja, mantendo-se o nível de produto. Em contrapartida os resultados DEA indicam redução para as demais variáveis, sugerindo melhoria potencial total na faixa entre 3% e 6%.

Na Tabela 5, podem-se perceber os percentuais que cada variável pode melhorar em relação às empresas eficientes. As empresas em conjunto devem utilizar melhor sua potência instalada em média 31,15%, otimizar a extensão da rede em média 42,97% e aproveitar o número de empregados em média 50,95%. Ambos apresentam desvios padrão em relação à média muito próxima dentre as variáveis (10,54%, 18,13% e 19,39%, respectivamente). Neste sentido, percebe-se que as variáveis de insumo apresentam melhorias potenciais equivalentes, aparentemente equilibradas entre ambas, conforme destacado em cinza na Tabela 5.

Quanto ao indicador DGC, representado por DEC e FEC, os quais medem o tempo e a frequência de falta de energia para os consumidores, este pode ter seus serviços afetados pelas possíveis perdas de sistema. Perdas estas, em parte relacionadas ao comumente chamado “gato”, frequente em regiões periféricas das capitais. A justificativa para o TMA pode estar no programa “Luz para Todos”, criado em meados de 2003 que tem como meta levar acesso à energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas, ou seja, impacta diretamente no número de consumidores. Além de afetar o Tempo Médio de Atendimento, pode afetar a Extensão das Redes, pois o foco principal do programa é justamente chegar a áreas não atendidas, normalmente zonas rurais distantes, as quais as redes de distribuição não atendem atualmente. Também, a partir desse programa, foram destinados recursos de fundos setoriais de energia

para investimentos partilhados entre o governo e empresas distribuidoras de energia elétrica, a fim de ampliar e buscar soluções inovadoras para atendimento a demanda. Assim, pode impactar a conjuntura tecnológica das empresas, inclusive a potência instalada (MME, 2013).

Tabela 5: Melhorias potenciais (%) para as DMU's ineficientes

DMU's	Inputs			Outputs			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Nº de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Dens.Demográfica
ENERSUL	-12,32%	-56,49%	-12,32%	-3,85%	-27,13%	22,88%	670,92%
BANDEIRANTE	-18,67%	-18,67%	-65,09%	-22,35%	-42,88%	0,00%	57,88%
AESSUL	-22,67%	-22,67%	-54,94%	-10,84%	-52,08%	0,00%	736,49%
LIGHT	-23,18%	-23,18%	-53,33%	-52,29%	-79,45%	0,00%	78,62%
COELBA	-31,63%	-71,33%	-78,84%	-7,95%	-5,40%	0,00%	2437,24%
ELEKTRO	-32,21%	-51,27%	-32,21%	-5,95%	-51,78%	0,00%	1161,52%
CELPA	-36,87%	-36,87%	-55,16%	-62,69%	-57,76%	0,00%	917,78%
CEEE-D	-37,93%	-37,93%	-47,11%	-33,02%	-57,11%	0,00%	571,91%
ESCELSA	-40,22%	-40,22%	-40,22%	-12,05%	-58,53%	2,48%	117,23%
AMPLA	-43,35%	-43,35%	-77,71%	-29,59%	-81,60%	0,00%	92,32%
CEMAT	-43,57%	-70,69%	-43,57%	-27,10%	-26,90%	0,03%	1306,06%
MÉDIA	-31,15%	-42,97%	-50,95%	-24,34%	-49,15%	2,31%	740,72%
MÁXIMO	-12,32%	-18,67%	-12,32%	-3,85%	-5,40%	22,88%	2437,24%
MÍNIMO	-43,57%	-71,33%	-78,84%	-62,69%	-81,60%	0,00%	57,88%
DESV. PADRÃO	10,54%	18,13%	19,39%	19,30%	22,68%	6,86%	717,87%

Fonte: Elaborado pelo autores com base nos dados coletados.

Outra questão que pode afetar o TMA é o relevo das regiões atendidas pelas distribuidoras de energia elétrica. Parte das linhas do sistema atravessam serras, regiões montanhosas e diversos tipos de terrenos, onde há torres mais altas com distâncias maiores entre si, muitas vezes com acessos que dificultam atingi-las. Isso pode fazer com que aumente o Tempo Médio de Atendimento pelas equipes de manutenção.

Por fim, os resultados permitem identificar escores de eficiência e variáveis determinantes que levam as unidades para a fronteira de eficiência, sendo a variável Potência Instalada a que se destaca na promoção da eficiência. E as variáveis que merecem atenção e são sugeridas melhorias potenciais para estimular os resultados das unidades ineficientes são a Extensão da Rede, o Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento. Também foi possível identificar aquelas unidades *benchmarks* para as empresas ineficientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a eficiência técnica das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. Para a determinação da eficiência das DMU's em análise utilizou-se a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA), com orientação a insumo, visto que se busca minimizar os insumos utilizados mantendo o nível dos produtos. As variáveis utilizadas como insumos e produtos foram escolhidas com base em estudos relacionados ao setor elétrico que adotaram a mesma metodologia.

Além disso, optou-se pelo modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS), sendo considerado o mais adequado para o estudo. A DEA reporta que das 18 empresas selecionadas sete estão na fronteira de eficiência, sendo elas: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN e CPFL-PA. Dentre as empresas ineficientes destacam-se as cinco últimas em eficiência, que são: CELPA, CEEE-D, ESCELSA, AMPLA e CEMAT.

Identificou-se, após a análise dos escores de eficiência em relação aos indicadores técnicos de continuidade (DGC), que as empresas situadas na fronteira de eficiência figuraram entre as melhores no ranking operacional desses indicadores no ano de 2012. Ou seja, foi possível identificar relação entre os indicadores de continuidade e os escores de eficiência. Também foi possível encontrar relação razoável entre os escores da eficiência das empresas analisadas e o indicador operacional de Tempo Médio de Atendimento (TMA).

A eficiência técnica das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica tem como elemento determinante a Potência Instalada. Já o *input* Extensão da Rede, variável que menos contribuiu para os escores de eficiência, relaciona-se a uma possível ineficiência, uma vez que quanto mais longa as redes de distribuição, maiores também serão as perdas de sistema. Cabe destacar que diversas variáveis neste modelo não foram explicitamente consideradas, embora possam estar embutidas nas avaliações. Por exemplo, o nível de perdas e furtos pode variar grandemente entre diferentes concessionárias, ajudando a explicar maior ou menor eficiência. No caso das unidades *benchmarks*, identificou-se como empresa de referência a concessionária RGE, inclusive se destacando perante as demais empresas com relação aos prêmios que vem recebendo, à exceção da COELCE, devido aos consecutivos prêmios que vem conquistando nos últimos anos. Prêmios estes de reconhecimento no setor elétrico, que levam em consideração questões relacionadas à excelência em gestão e qualidade nos serviços, visando as melhores práticas do setor.

Para as empresas ineficientes atingirem o escore máximo de eficiência destacam-se, entre as variáveis que necessitam de melhorias potenciais, a Extensão da Rede, o Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento.

Este trabalho contribuiu no sentido de determinar a eficiência técnica com o uso de variáveis diferentes das utilizadas nos estudos nacionais identificados, acrescentando TMA ao modelo e alterando a leitura sobre o DEC, FEC, Número de Consumidores e Área do Conjunto. Além disso, os escores de eficiência encontrados no trabalho podem ser vistos como um indicador para auxiliar na avaliação de desempenho das empresas. Assim como, o presente estudo pode servir de complemento ou de comparativo para os sistemas de indicadores de eficiência já utilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A análise envoltória de dados permitiu resultados relativos, ou seja, um comparativo entre todas as unidades em análise que fizeram parte do estudo. Por isso, os resultados não podem ser considerados absolutos ou comparáveis com outras empresas e setores de forma direta. Conclui-se que o modelo aplicado colabora para uma reavaliação sobre o consumo de insumos, análise dos resultados e identificação de *benchmarks* entre as unidades analisadas.

REFERÊNCIAS

ABRADEE. Programa Benchmarking. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/abradee/atividades/programa-benchmarking>>. Acesso em 12 dez. 2013.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 30 jun. 2012.

BALTAR, M. G.; KAEHLER, J. W. M.; PEREIRA, L. A. Indústria da construção civil e eficiência energética. Engenharia, Inovação e Desenvolvimento, v. 2, p. 339-344, 2005.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, Providence, RI, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BESANKO, D.; BRAEUTIGAM, R. R. Microeconomia: uma abordagem completa. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BHAGAVATH, V. Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis : An Application in Transportation. *Alliance Journal of Business Research*, p. 60-72, 2011.

BM&FBOVESPA. Empresas listadas. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/BuscaEmpresaListada.aspx?segmento=Energia+EI%C3%A9trica&idioma=pt-br>>. Acesso em 31 dez. 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHUDASAMA, K. M.; PANDYA, K. Measuring efficiency of indian ports: an application of Data Envelopment Analysis. *The Icfai University Journal of Infrastructure*, v. 6, n. 2, 2008.

CLARK, P. W. An estimation of a production function for the south african clothing industry, Thesis (Magister Commercii) - Rand Afrikaans University, 1996.

DORIA, R. J.; LAKOSKI, J. C.; SOUZA, A. Gestão de metas: um estudo comparativo da eficiência de unidades operacionais em uma empresa de distribuição de energia elétrica. In: Congresso Brasileiro de Custos, 18, 2011, Rio de Janeiro – RJ. Anais... São Leopoldo: ABC, 2011.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no Estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008.

FARIA, J. A.; GOMES, S. M. S. O Activity Based Costing (ABC) na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba): fatores relevantes para implantação, o modelo e os resultados obtidos. In: Congresso Brasileiro de Custos, 16, 2009, Fortaleza – CE. Anais... São Leopoldo: ABC, 2009.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 120, n. 3, p. 253–281, 1957.

FERREIRA, F. B. Análise da eficiência relativa das usinas mini-mills da Gerda S.A. nas Américas: um estudo a partir da análise envoltória de dados. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2012.

FERRIER, G. D.; ROSKO, M. D.; VALDMANIS, V. G. Analysis of uncompensated hospital care using a DEA model of output congestion. *Health Care Management Science*, v. 9, n. 2, p. 181-188, 2006.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelo básico. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Org.). *Métodos quantitativos em Economia*. Viçosa: Editora UFV, 2004.

HATAMI-MARBINI, A.; EMROUZNEJAD, A.; TAVANA, M. A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature : Two decades in the making. *European Journal of Operational Research*, v. 214, n. 3, p. 457-472, 2011.

JAMASB, T.; NILLESEN, P.; POLLITT, M.; Strategic behaviour under regulatory benchmarking. *Energy Economics*, v. 26, n. 5, p. 825-843, 2004.

JAMASB, T.; POLLITT, M. Benchmarking and regulation of electricity transmission and distribution utilities. Lessons from international experience. *Cambridge Working Papers in Economics*, 2000.

KOOPMANS, T. C. An analysis of production as an efficient combination of activities. In: *Proceedings of a Conference Activity Analysis of Production and Allocation*, p. 33–97, 1951.

MACEDO, M. A. S.; NOVA, S. P. C. C.; ALMEIDA, K. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos em contabilidade e administração. *Contabilidade, Gestão e Governança*, v. 12, n. 3, p. 87-101, 2009.

MIRANDA, L. C.; TAVARES, M. F. N.; VASCONCELOS, A. L. F.; FREIRE, D. R. Um estudo no setor elétrico brasileiro sobre a representatividade dos custos não gerenciáveis: aplicação nas companhias distribuidoras do Nordeste que passaram pela Revisão Tarifária Periódica em 2005. In: *Congresso Brasileiro de Custos*, 16, 2009, Fortaleza – CE. Anais... São Leopoldo: ABC, 2009.

MME. O Programa. Disponível em <http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp>. Acesso em 18 dez. 2013.

PESSANHA, J. F. M.; MELLO, M. A. R. F.; SOUZA, R. C. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela ANEEL, *Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 3, p. 521-545, 2010.

RICHARDSON, R. J. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SALES, Gustavo Mangueira de Andrade. Proposta de um modelo utilizando Análise Envoltória de Dados - DEA na definição das metas dos indicadores da qualidade comercial das distribuidoras de energia elétrica - DER e FER. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

SOLLERO, M. K. V.; LINS, M. P. E. Avaliação de eficiência de distribuidoras de energia elétrica através da análise envoltória de dados com restrições aos pesos. In: *Seminário Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 36, 2004, Minas Gerais – MG. Anais... Minas Gerais: SBPO, 2004.

SOWLATI, T. Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis. *Forest Products Journal*, v. 55, n. 1, p. 49-57, 2005.

VANINSKY, A. Efficiency of electric power generation in the United States: analysis and forecast based on data envelopment analysis. *Energy Economics*, v.28, n.3, p.326–338, 2006.

Os autores agradecem o apoio Financeiro do CNPq.