



## REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

ISSN 2176-9036

Vol. 12, n. 1, Jan./Jun. 2020

Sítios: <http://www.periodicos.ufrn.br/ambiente>

<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/Ambiente>

Artigo recebido em: 21.12.2018. Revisado por pares em: 26.02.2019. Reformulado em: 22.05.2019. Avaliado pelo sistema double blind review.

DOI: 10.21680/2176-9036.2020v12n1ID16337

**A eficiência relativa das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica**

**The relative efficiency of Brazilian electricity distribution companies**

**La eficiencia relativa de las empresas brasileñas distribuidoras de energía eléctrica**

### **Autoras**

#### **Chelida Maria dos Santos Bastos**

Graduada em Ciências Contábeis pela Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC) - Universidade Federal do Ceará (UFC) - Endereço: Rua Lua Nova, 188 – Alto Alegre, Maracanaú CE-Brasil – CEP 61922075. Telefone: (85) 3269-1481. Identificadores (ID):

ORCID (iD): <https://orcid.org/0000-0003-1069-7940>

E-mail: [chelidambastos@gmail.com](mailto:chelidambastos@gmail.com)

#### **Denise Maria Moreira Chagas Correa**

Professora em Ciências Contábeis na Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC) - Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Educação Brasileira pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (USP). Graduada em Direito pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e em Ciências Contábeis pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Rua José Vilar, 2281 – Apto 1301 – Dionísio Torres, Fortaleza CE-Brasil. – CEP 60125001. Telefone: (85) 987338500. Identificadores (iD):

ORCID (ID): <https://orcid.org/0000-0001-7914-6982>

E-mail: [denisecorrea@ufc.br](mailto:denisecorrea@ufc.br)

#### **Ana Lua Vilanova Alves**

Graduada em Ciências Contábeis pela Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC) - Universidade Federal do Ceará (UFC) - Endereço: Rua Pascoal de Castro Alves, 837 – Papicu, Fortaleza CE-Brasil – CEP 60181225. Telefone: (85) 98513-2619. Identificadores (ID):

ORCID (ID): <https://orcid.org/0000-0001-7858-186X>

E-mail: [anaavilanova@live.com](mailto:anaavilanova@live.com)

#### **Ana Carolina Pereira Rodrigues**

Graduanda de Ciências Contábeis na Universidade Federal do Ceará (UFC) - Endereço: Avenida Contorno Norte, 1800 – Conjunto Esperança, Fortaleza CE-Brasil – CEP 60763730 Telefone: (85) 999348402. Identificadores (ID):

Chelida Maria dos Santos Bastos, Denise Maria Moreira Chagas Corrêa, Ana Lua Vilanova Alves, Ana Carolina Pereira Rodrigues e Sueli Maria de Araújo Cavalcante

ORCID (ID): <https://orcid.org/0000-0002-9811-0229>

E-mail: [carolinacassias@hotmail.com](mailto:carolinacassias@hotmail.com)

### **Sueli Maria de Araújo Cavalcante**

Professora em Administração na Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC) - Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Educação Brasileira, pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Graduada em Processamento de Dados pela UFC e em Administração de Empresas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) – Endereço: Rua Visconde de Mauá, 501 – apto 602 – Meireles, Fortaleza CE-Brasil – CEP 60125160. Telefone: (85)992755333.

Identificadores (iD): ORCID (ID): <https://orcid.org/0000-0002-0698-2485>

E-mail: [suelicavalcante@ufc.br](mailto:suelicavalcante@ufc.br)

(Fast-track – artigo apresentado XXI Semead 2018)

### **Resumo**

**Objetivo:** A pesquisa objetivou examinar a eficiência relativa dos desempenhos econômico-financeiros das companhias brasileiras abertas e fechadas distribuidoras de energia elétrica.

**Metodologia:** Esta pesquisa classifica-se como descritiva, quantitativa e documental. Como estratégia do estudo, foi adotada a análise envoltória de dados – DEA, modelo BCC, com foco nos resultados. A amostra foi composta por 33 DMU's representada pelas companhias distribuidoras de energia elétrica de grande porte que estavam em operação em 2017.

**Resultados:** Os resultados obtidos apontam que nove (27,27%), entre as 33 companhias alcançaram a fronteira da eficiência e que, entre estas, apenas 2 eram companhias abertas, entretanto, estas duas sozinhas foram referências mais vezes para as ineficientes, respondendo por 50,8% dos *benchmarks*. Entre as nove companhias eficientes, sete (77,78%) são companhias fechadas, revelando que a abertura de capital não foi um fator determinante para alcançar a eficiência econômica, entretanto, uma vez alcançada tal eficiência, as práticas das duas companhias abertas podem ser referência para a maioria das companhias ineficientes.

**Contribuições do Estudo:** Estudos anteriores envolvendo a análise envoltória dos dados no setor de energia elétrica não consolidaram no mesmo estudo de eficiência todos os quatro indicadores de rentabilidade estudados em Matarazzo (2010). Portanto, esta pesquisa permitiu ampliar o conhecimento sobre o estudo de eficiência a partir de indicadores econômicos com uso da análise envoltória de dados. Considerando ainda relevante a análise de eficiência tendo como foco o desempenho econômico, o qual consiste nos indicadores de rentabilidade, seja para o acionista por meio da análise do ROE e da ML ou para os gestores das companhias, por meio do ROA e do GA, o que finda por ser relevante para a sociedade, dada a imprescindibilidade deste segmento econômico em qualquer comunidade.

**Palavras-chave:** Eficiência Relativa; Indicadores de desempenho econômico; Distribuidoras de energia elétrica; Análise Envoltória de Dados.

### **Abstract**

**Purpose:** The objective of this research was to examine the relative efficiency of the economic and financial performance of Brazilian open and closed energy distribution companies.

**Methodology:** This research is classified as descriptive, quantitative and documentary. As a strategy of the study, data envelopment analysis - DEA, BCC model, focusing on results was adopted. The sample consisted of 33 DMU's represented by the large electric power distribution companies that were in operation in 2017.

**Results:** The results obtained indicate that 9 (27.27%) among the 33 companies reached the efficiency frontier and that, among these, only 2 were publicly held companies, however, these two alone were references more often to the inefficient ones, accounting for 50 , 8% of benchmarks. Among the nine efficient companies, seven (77.78%) are closed companies, revealing that the IPO was not a determining factor to achieve economic efficiency, however, once such efficiency is achieved, the practices of the two public companies may be most inefficient companies.

**Contributions of the Study:** Previous studies involving data analysis in the electric power sector did not consolidate in the same efficiency study all four profitability indicators studied in Matarazzo (2010). Therefore, this research allowed to increase the knowledge about the study of efficiency from economic indicators using data envelopment analysis. Considering still relevant the analysis of efficiency focusing on economic performance, which consists of the indicators of profitability, either for the shareholder through the analysis of ROE and ML or for the managers of the companies, through ROA and GA, which ends up being relevant to society, given the indispensability of this economic segment in any community

**Keywords:** Relative Efficiency; Indicators of economic performance; Distributors of electricity; Data Envelopment Analysis.

### **Resumen**

**Objetivo:** La investigación objetivó examinar la eficiencia relativa de los resultados económico-financieros de las compañías brasileñas abiertas y cerradas distribuidoras de energía eléctrica.

**Metodología:** Esta investigación se clasifica como descriptiva, cuantitativa y documental. Como estrategia del estudio, se adoptó el análisis envoltorio de datos - DEA, modelo BCC, con foco en los resultados. La muestra fue compuesta por 33 DMU's representada por las compañías distribuidoras de energía eléctrica de gran porte que estaban en operación en 2017.

**Resultados:** Los resultados obtenidos apuntan que 9 (27,27%), entre las 33 compañías alcanzaron la frontera de la eficiencia y que, entre éstas, apenas 2 eran compañías abiertas, sin embargo, estas dos solas fueron referencias más veces para las ineficientes, respondiendo por 50 , El 8% de los benchmarks. Entre las nueve compañías eficientes, siete (77,78%) son compañías cerradas, revelando que la apertura de capital no fue un factor determinante para alcanzar la eficiencia económica, sin embargo, una vez alcanzada tal eficiencia, las prácticas de las dos compañías abiertas pueden ser referencia para la mayoría de las compañías ineficientes.

**Contribuciones del Estudio:** Los estudios anteriores que involucra el análisis envoltorio de los datos en el sector de energía eléctrica no consolidaron en el mismo estudio de eficiencia todos los cuatro indicadores de rentabilidad estudiados en Matarazzo (2010). Por lo tanto, esta investigación permitió ampliar el conocimiento sobre el estudio de eficiencia a partir de indicadores económicos con el uso del análisis envoltorio de datos. En el presente trabajo se analizan los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos en el análisis de la eficiencia, lo que termina por ser relevante para la sociedad, dada la imprescindibilidad de este segmento económico en cualquier comunidad.

**Palabras clave:** Relative Efficiency; Indicadores de rendimiento económico; Distributors of electricity; Data Envelopment Analysis.

## 1 Introdução

A geração, transmissão e distribuição de energia elétrica viabilizaram a abertura das fronteiras de produção e o desenvolvimento de novos e modernos negócios nos últimos 130 anos, sendo base para o desenvolvimento econômico e social (Siffert Filho, Alonso, Chagas, Szuster, & Sussekind, 2009).

Em países emergentes, como o Brasil, o setor de energia elétrica está presente em quase todas as esferas organizacionais. Deste modo, é indispensável à vida moderna e se constitui como setor-chave da economia, fornecendo o insumo básico para estimular o crescimento econômico. Nas últimas décadas, principalmente na de 1990, a distribuição de energia elétrica passou por mudanças de controle acionário, quando se iniciou um processo de desestatização e privatizações, passando o setor a operar pelo regime de concessões (Rempel, Diehl, Martins, & Hansen, 2017).

O conhecimento do desempenho de uma organização é fundamental para auxiliar na estratégia de sua gestão. Porém, além dessa informação de forma individualizada, é necessário que as companhias conheçam também o seu posicionamento em relação ao mercado. Sobre isso, Macedo, Nova, e Almeida, (2009, p. 88) reiteram que “[...] as avaliações feitas em caráter relativo, ou seja, mensurando a eficiência da organização em relação, por exemplo, a seu ambiente competitivo, são geradoras de resultados potencialmente consistentes”.

Um instrumento bastante disseminado no cenário empresarial para avaliar a situação econômica e financeira das companhias é a análise das demonstrações contábeis por meio de indicadores de desempenho, como o de liquidez e de estrutura de capital, os quais medem os desempenhos financeiros das empresas e os indicadores de rentabilidade, os quais medem os desempenhos econômicos (Correa, Taffarel, Ribeiro, & Menon, 2016 e Matarazzo, 2010). Para Assaf Neto (2015), a análise das empresas por meio dos índices de desempenho é uma das abordagens teóricas mais ricas da ciência contábil.

A otimização do desempenho econômico das empresas distribuidoras de energia elétrica propicia benefícios socioambientais e de competitividade à sociedade (Martins, Diehl, Rempel, & Tagliari, 2018). Sob este enfoque, este estudo direciona-se para responder a seguinte questão de pesquisa: **Qual a eficiência relativa do desempenho econômico das companhias brasileiras abertas e fechadas distribuidoras de energia elétrica?** A fim de responder a questão de pesquisa, o objetivo geral é examinar a eficiência relativa dos desempenhos econômicos das companhias brasileiras abertas e fechadas do segmento de distribuição de energia elétrica.

Estudos anteriores envolvendo a análise envoltória dos dados no setor econômico de energia elétrica não consolidaram no mesmo estudo de eficiência todos os quatro indicadores de rentabilidade estudados em Matarazzo (2010): Rentabilidade do Ativo (ROA), Rentabilidade do PL (ROE), Giro do Ativo (GA) e Margem Líquida (ML). Portanto, do ponto de vista acadêmico, este estudo permitiu ampliar o conhecimento sobre o estudo de eficiência a partir de indicadores econômicos com uso da análise envoltória de dados.

Considerando ainda a crise econômica em que se encontra o país, torna-se relevante a análise de eficiência tendo como foco o desempenho econômico, o qual consiste nos indicadores de rentabilidade, seja para o acionista (por meio da análise do ROE e da ML ou para os gestores das companhias, por meio do ROA e do GA, o que finda por ser relevante para a sociedade, dada a imprescindibilidade deste segmento econômico em qualquer comunidade.

Este estudo está dividido em cinco seções, a primeira diz respeito à presente introdução, e as outras quatro seções seguintes são: Referencial Teórico, Metodologia, Análise dos Resultados e Conclusão.

## 2 Revisão da Literatura

Esta seção traz uma abordagem acerca do segmento econômico das empresas objeto da análise, seguida dos indicadores de desempenho econômico selecionados como fatores da análise envoltória dos dados (DEA), aspectos conceituais sobre o método DEA e, por fim, estudos anteriores que usaram a metodologia DEA para análise da eficiência relativa de um grupo homogêneo.

### 2.1. Segmento econômico de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica

Até o início de 1930, os serviços de energia elétrica no Brasil eram essencialmente custeados por capital privado (Siffert Filho et al., 2009). Devido ao processo de industrialização brasileira, iniciado nesse período, a energia elétrica passou a ter uma maior importância como fonte de desenvolvimento do país nesse processo, o que culminou uma maior regulação por parte do Estado (Correa et al., 2016). Nos períodos seguintes até o início de 1990, o Estado teve participação quase absoluta nesse setor.

Na década de 1990, o setor enfrentou uma crise acarretada pela desproporção entre o consumo de energia, que cresceu 49%, e a capacidade instalada, que foi expandida em apenas 35% (Tolmasquim, 2000). Devido a esse acontecimento, Siffert Filho et al. (2009) destacam que o Estado tornou-se incapaz de continuar com investimentos, o que fez com que houvesse a abertura ao capital privado por meio de um modelo de livre concorrência. Conforme Andrade e Martins (2017), este fato desencadeou as primeiras privatizações de monopólios naturais.

As transformações pela qual passou esse setor foram intensas. O marco principal, de acordo com Faria e Gomes (2009, p. 3), “ocorreu no ano de 1995, a partir do qual todas as concessões de serviços públicos, incluindo o setor elétrico, passaram a ser objeto de licitação competitiva”. Neste mesmo ano foi promulgada a Lei nº 8.987/95, a qual dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, previsto no artigo 175 da Constituição Federal de 1988. Com essas mudanças, o Estado passou a ter a função de regulador onde necessário (ABRAADE, 2018).

O setor elétrico brasileiro é um dos mais regulados desde então, cabendo à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia criada pela Lei nº 9.427/96, estabelecer previamente as tarifas de energia impostas aos consumidores, objetivando conciliar o interesse

destes com o das concessionárias reguladas, destacando o incentivo à eficiência, manutenção do equilíbrio econômico financeiro da concessão, qualidade adequada do produto e do serviço (Sollero, & Lins, 2004). Isso porque, como se criou um monopólio natural, em que “os consumidores não possuem alternativas para a substituição do serviço, a intervenção do Estado é necessária para buscar, com a regulação, preço justo e qualidade na prestação dos serviços” (Andrade, & Martins, 2017, p. 345).

Os serviços prestados são realizados por empresas estatais e privadas e dividem-se em atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Essa última, objeto de estudo dessa pesquisa, é a última etapa do fornecimento de energia, na qual se faz efetivamente a entrega de energia aos consumidores (ANEEL, 2018).

Do total da energia elétrica distribuída no Brasil, o setor privado é responsável por aproximadamente 60%, enquanto as empresas públicas se responsabilizam por aproximadamente, 40% da distribuição (ABRAADE, 2018).

De acordo com o documento *Energy Technology Perspectives* (2010) da *International Energy Agency* (IEA), com o aumento da demanda de energia no mundo, são necessários grandes investimentos nesse setor. Apenas na linha de base energética, a estimativa é de US\$ 270 trilhões (pouco mais de 1 quadrilhão de reais) entre 2010 e 2050. Quase 90% desses investimentos são demandados por consumidores para equipamentos como veículos, eletrodomésticos e pela indústria pesada. O nível crescente da demanda global por esses itens de consumo de acordo com o referido documento se deve pela elevação da renda em mercados emergentes e em países em desenvolvimento, como o Brasil.

## 2.2 Indicadores de Desempenho

Conforme discorrem Bortoluzzi, Ensslin, Ensslin, & Valmorbidia (2011), a técnica de análise das demonstrações contábeis é uma ferramenta de avaliação do desempenho econômico e financeiro. Considerando o ambiente competitivo em que as organizações se encontram, informações geradas a partir dessa análise identificam aspectos que são relevantes para subsidiar a tomada de decisões.

Nessa técnica, as demonstrações contábeis são fontes de dados que, posteriormente, são compilados em índices, permitindo identificar a evolução longitudinal do desempenho econômico e financeiro das organizações (Correa et al., 2016). Os índices contábeis considerados clássicos para a literatura são divididos em três grupos: Índices de Liquidez e de Estrutura de capital, e índices de Rentabilidade (Matarazzo, 2010).

Como esta pesquisa se propôs a identificar a eficiência relativa sob o aspecto econômico, refere-se, portanto, ao grupo dos indicadores de rentabilidade, estudados em Matarazzo (2010), os quais expressam o retorno gerado (resultado) a partir do capital investido (custo do capital). Esse indicador é obtido calculando a rentabilidade do ativo (*Return on assets* - ROA), rentabilidade do patrimônio líquido (*Return on Equity* - ROE), margem líquida (ML) e o giro do ativo (GA). Os indicadores de rentabilidade encontram-se mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1**  
*Indicadores de rentabilidade*

Indicador	Fórmula	Significado e interpretação
1. Giro do Ativo (GA)	$\frac{\text{Receita Líquida (RL)}}{\text{Ativo Total (AT)}}$	Indica o número de vezes que o Ativo girou por meio da relação entre as vendas e o AT. Quanto maior, melhor.
2. Margem Líquida (ML)	$\frac{\text{Lucro Líquido (LL)}}{\text{Receita Líquida (RL)}} \times 100$	Indica de lucro líquido em relação ao volume de vendas. Quanto maior, melhor.
3. Rentabilidade do Ativo (ROA)	$\frac{\text{Lucro Liq. Ajustado}}{\text{Ativo Total (AT)}} \times 100$	Indica quanto a empresa gera de lucro em relação ao investimento total. Quanto maior, melhor.
4. Rentabilidade do PL (ROE)	$\frac{\text{Lucro Líquido (LL)}}{\text{Patrimônio Líquido (PL)}} \times 100$	Indica a relação entre o lucro gerado em relação ao capital próprio. Quanto maior, melhor.

**Fonte:** Adaptado de Matarazzo (2010).

Conforme Matarazzo (2010), os índices de rentabilidade expressam o grau de êxito econômico de uma empresa, ou seja, quanto rendeu os investimentos em relação ao capital que foi investido. O lucro líquido indicado da fórmula da ROA (item 3) precisa ser ajustado, para expurgar do mesmo as importâncias inerentes aos encargos financeiros que não são gerados pelos ativos, evitando assim uma distorção do resultado do indicador. Para tanto, deve ser adotado o Lucro antes do Resultado Financeiro (LARF) ao invés do Lucro Líquido.

### 2.3 Eficiência medida pela análise envoltória de dados

A eficiência segundo Sander (1995, p. 43), “[...] é o critério econômico que revela a capacidade administrativa de produzir o máximo de resultados com o mínimo de recursos, energia e tempo”. Essa eficiência pode ser analisada sob a perspectiva econômica (eficiência alocativa) ou do ponto de vista da produção (eficiência técnica). Os resultados obtidos da análise da eficiência de acordo com a necessidade de cada empresa se tornam mais relevantes se comparado com os resultados dos seus concorrentes, ou seja, gerando informação acerca da sua eficiência relativa, uma vez que possibilita um estudo do comportamento do mercado, a fim de traçar ações mais competitivas e eficientes. Existem múltiplas ferramentas para a medição da eficiência, sendo uma destas, a análise por envoltória de dados – DEA.

Assim, a metodologia DEA emprega programação matemática objetivando estimar fronteiras de eficiência, conceito que, de acordo com Coelli (1996), resultou dos trabalhos de Koopmans (1951), Debreu (1951) e mais tarde de Farrell (1957), que foi o pioneiro na utilização de medidas de eficiência.

A metodologia DEA é uma técnica não paramétrica desenvolvida para medir a eficiência de unidades produtivas, a partir de múltiplos insumos e produtos, podendo a mesma ser utilizada no cálculo da produtividade do setor elétrico (Lins, & Meza, 2000). Essa metodologia é utilizada ainda pelo órgão regulador do setor, a ANEEL, para avaliação da eficiência das companhias, indicando o quanto cada concessionária pode reduzir seus custos operacionais.

A DEA faz comparações entre várias unidades tomadoras de decisão (DMU), sendo importante para o modelo, de acordo com Lins e Meza (2000) e Sollero e Lins (2004), que estas sejam homogêneas, ou seja, que realizem atividades semelhantes para transformarem os mesmos insumos e recursos em produtos semelhantes, entretanto, o consumo de insumos e de recurso, bem como, da obtenção de produtos, dá-se em níveis diferenciados entre as DMU's objeto da análise.

Quanto à seleção da amostra e, posteriormente, dos fatores, é importante verificar as restrições do modelo, entre estas, de que o número de DMUs seja pelo menos três vezes o número dos fatores de *input* e *output*, conforme Banker, Charnes, Cooper, Swarts, & Thomas (1989).

Desta forma, a DEA constitui-se como um sistema ideal e estratégico para avaliação por comparação, uma vez que, além da geração dos índices de eficiência para cada (DMU), o modelo identifica os melhores padrões de desempenho (*benchmarking*) que servem de referência para unidades não eficientes (Bogetoft & Nielsen, 2003).

Nessa perspectiva, os estudos de maiores referências que tratam da abordagem DEA foram desenvolvidos por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e posteriormente por Banker, Charnes e Cooper (1984). Segundo Freitas et al (2018), esses trabalhos “[...] mostraram-se relevantes para mensurar os efeitos da eficiência, respectivamente, para funções de produção com retornos constantes de escala (CCR) e com retornos variáveis de escala (BCC)”.

Ambos os modelos: CCR e BCC podem ser processados em análises com foco nos insumos e também com foco nos resultados. Se o foco for nos *inputs*, o objetivo do analista é minimizar os insumos ou as entradas conservando-se os mesmos níveis de produção ou resultados e, se o foco for nos resultados, tem-se o pressuposto de que, a partir dos mesmos níveis de entradas (*inputs*), pretende-se otimizar os resultados.

Quando os fatores de *input* e de *output* contemplam valores menores do que zero, não pode ser utilizado o modelo CCR. (Cooper, Seiford & Tone, 2000). Por outro lado, o modelo BCC pode ser utilizado quando as informações inerentes aos fatores de entrada e saída da análise contemplam valores negativos, como é o caso de análises que compreendam a performances econômico financeira, que podem envolver lucro ou prejuízo por ação ou indicadores de rentabilidade, os quais também podem assumir valores negativos (Kassai, 200).

Em sua definição matemática, considera-se que cada DMU é uma unidade produtora que utiliza um número *n* de entradas (*inputs*) para produzir um número *m* de saídas (*outputs*). (Castro, 2003; Meza, Mello, Gomes, & Fernandes, 2007).

O modelo DEA BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), também conhecido como *variable returns to scale* - VRS (Retorno variável de escala) considera, conforme Meza et al. (2007, p. 23), as “[...] situações de eficiência de produção com variação de escala, pois não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*”, ou seja, acréscimo em um fator de input pode provocar um acréscimo ou até mesmo um decréscimo em um fator *output*. Segundo Cavalcante (2011, p. 79), essa modelagem “fornece uma medida da distância da DMU em análise até uma DMU fictícia, que opera com o tamanho da escala mais produtiva”.

Sobre a modelagem DEA BCC, Pessanha, Mello, Barros, & Souza (2010) destacam que uma de suas características é que as DMU's podem ser consideradas eficientes tecnicamente tanto por utilizarem a menor quantidade de algum insumo (entrada), nesse caso com orientação nos *inputs*, ou se produzirem a maior quantidade de algum produto (saída), orientado nos *outputs*.

No caso desta pesquisa, que tem como objeto de estudo dos desempenhos econômicos das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica, é possível comparar o desempenho

de cada uma em relação às outras (Freitas, Silva, Oliveira, Cabral, & Santos, 2018), conforme diversos estudos empíricos realizados no setor de energia elétrica.

## 2.4 Estudos Anteriores com utilização da DEA no Setor de energia elétrica

Foram encontrados outros trabalhos que utilizaram a metodologia DEA no setor de energia elétrica. Em alguns deles, como em Kassai (2002), Correa et al.(2016) e Martins et al. (2018), foram utilizados índices da análise de balanços, como fatores de *input* e de *output*.

Kassai (2002) apresentou em sua Tese, relevantes contribuições para a avaliação do desempenho econômico das empresas do setor elétrico por meio da análise de demonstrações contábeis. Para tanto, a autora utilizou DEA com orientação ao produto. Os fatores selecionados para a análise como *input* foram o PL ajustado, a Média de empregados, o Passivo circulante e o Imobilizado ano anterior e como fator de *output* as Vendas, o Capital Circulante Líquido (CCL), a Aplicação no imobilizado e Liquidez corrente.

Pessanha et al. (2010), assim como Kassai (2002), discutiram a metodologia DEA. No entanto, propuseram uma adaptação do modelo utilizado pela ANEEL para a avaliação dos custos operacionais eficientes do setor elétrico, direcionando sua pesquisa para as empresas de transmissão de energia. Os autores selecionaram como *input* os Custos operacionais, e Capacidade de transformação. Já como *output* foram selecionados os fatores Comprimento da rede, Tensão das redes (Kmkv), Quantidade de trafos e Quantidade de Módulos. Os autores constataram que, apesar de incluir os principais diretores dos custos operacionais das transmissoras, o modelo DEA formulado pela ANEEL não contempla os efeitos dos níveis de tensão das linhas de transmissão, admitindo que estes efeitos sejam os mesmo em todas as concessionárias.

Yuzhi e Zhangna (2012) avaliaram o desempenho geral de input-output de distribuição de eletricidade com base no método DEA-BCC. Os fatores selecionados como *input* foram Extensão da rede abaixo de 110KV e Capacidade do equipamento da subestação abaixo de 110KV. Já como *output*, o Número de consumidores, a Quantidade de eletricidade vendida e Perda de linha por unidade. Nesse estudo os autores fizeram recomendações aos gestores das DMUs identificadas como ineficientes, apontando os insumos que foram utilizados em excesso e que contribuiu diretamente para a ineficiência e observaram a necessidade de melhorar o planejamento do sistema de distribuição de tecnologia, de gerenciamento de investimentos e da redução do desperdício de recursos.

Correa et al. (2016) buscaram verificar a existência de diferença de eficiência econômico-financeira entre as empresas estatais em relação às privadas que atuam no setor de energia elétrica brasileiro. Para isto, aplicaram a Metodologia DEA, utilizando indicadores de desempenho calculados a partir dos demonstrativos contábeis, assim como em Kassai (2002). Foram utilizados como *input* os seguintes indicadores de liquidez: Liquidez Imediata, Liquidez Corrente e Liquidez Geral, e como fator de *output* os indicadores de endividamento: Participação de capitais de terceiros, Composição do endividamento, Imobilização do PL, Imob. dos Recursos Não Correntes e os de rentabilidade ROE e ROA. Seus resultados mostraram que as empresas estatais e as empresas privadas do setor elétrico brasileiro apresentam eficiência econômico-financeira assemelhada.

Assim como Pessanha et al (2010), Lopes et al (2016) em sua pesquisa também apresentaram uma visão crítica ao modelo de avaliação do desempenho das empresas de distribuição de energia elétrica brasileiras. Utilizou-se do modelo utilizado no Brasil, DEA, desenvolvendo análises alternativas ao utilizados pela ANEEL, a fim de comparar os resultados

utilizados pela reguladora com os encontrados na pesquisa. Os achados desses pesquisadores indicam a possibilidade de refinamento das medidas utilizadas pelo regulador, corroborando com os resultados obtidos por Pessanha et al (2010), propondo entre outras coisas, a remoção de variáveis com dados zerados, inclusão de variáveis ambientais para correção dos escores de eficiência e a não utilização de restrição aos pesos.

A pesquisa de Rempel et al. (2017) investigou a eficiência técnica relativa das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica medida pela DEA. Para sua pesquisa, utilizaram como entrada (*inputs*) a capacidade instalada, extensão da rede e número de funcionários. Já como saída (*outputs*), o indicador de desempenho geral de continuidade (DGC), tempo médio de atendimento em minutos para situações de emergência (ART), eletricidade consumida e densidade demográfica. O modelo adotado foi o CCR. Os resultados apontaram que 11 de 17 empresas selecionadas estão na fronteira da eficiência. No caso de unidades de referência, identificaram as empresas COSERN e RGE como as que mais serviram de benchmarks. Identificaram também que a empresa mais premiada do setor nos últimos anos, a COELCE, é uma das sete distribuidoras identificadas como ineficientes.

Martins et al (2018) propuseram-se também a analisar a eficiência técnica no sistema elétrico de empresas de distribuição de energia, com aplicação da técnica DEA, em uma amostra de 18 empresas. Para isso, foram utilizadas como *inputs* as seguintes variáveis: total do ativo, ativos fixos e número de empregados. Já os *outputs* selecionados foram: lucro (ou prejuízo), lucro líquido e EBITDA por cliente. O modelo utilizado foi o DEA-CCR. Os resultados apontam que 7 das 18 empresas, estão na fronteira de eficiência, sendo que as variáveis que mais contribuíram para a obtenção desse resultado foram; os ativos totais e a receita líquida. Comparando com os resultados encontrados por Rempel et al. (2017), apenas três companhias foram consideradas eficiente em ambas as pesquisas, que foram as seguintes distribuidoras: COSERN, CPFL -PI e RGE.

Por meio da Nota Técnica no 162/2017 a ANEEL propõe a atualização dos parâmetros associados ao cálculo da eficiência dos custos operacionais das concessionárias de distribuição de energia elétrica, aprovados pela Resolução Normativa nº 761 de 2017. Este estudo é feito por meio da metodologia DEA-CCR e visa comparar o desempenho de uma distribuidora em relação às demais empresas do país e em relação ao porte, sendo as grandes aquelas em que o número de unidades consumidoras é maior que 400 mil. O fator de *input* selecionado para a determinação da eficiência foi o Custo operacional total e os de *output*: Rede subterrânea, Rede de distribuição, Rede de alta tensão, Mercado Ponderado, Consumidores totais, Perdas não técnicas e Consumidor hora interrompido. Os resultados encontrados em 2017 apontam que, entre as empresas de grande porte, foram consideradas eficientes as distribuidoras COELCE (ENEL) e RGE. Esse resultado foi obtido a partir dos dados médios dos três anos anteriores ao estudo (2014 à 2016).

A partir desses estudos, identifica-se a utilização de indicadores de rentabilidade como fatores de *input* e de *output*, entre esses estão os de rentabilidade: ROA e o ROE, bem como foi utilizado o Lucro Líquido que é uma medida de geração de resultado econômico. A ML, por sua vez, é o próprio LL, expresso de forma relativa (em percentuais da receita). Como esses são amplamente utilizados para avaliação de desempenho econômico, considerou-se apropriado sua utilização para atender ao objetivo deste estudo, juntamente com o Giro do Ativo (GA).

### 3 Procedimentos Metodológicos

Quanto aos objetivos, esta pesquisa classificou-se como descritiva, pois objetivou estabelecer relações entre as variáveis em estudo a fim de analisá-las, classificá-las e interpretá-las, bem como descrever as características de um determinado fenômeno (Gil, 1999). Foi estabelecida a relação entre as variáveis de entradas (ativo e patrimônio líquido) com as de saída (rentabilidade do ativo e rentabilidade do patrimônio líquido) para analisar se influenciam na eficiência do desempenho econômico das companhias.

Em relação à abordagem do problema, este estudo foi predominantemente quantitativo, por se utilizar de recurso estatístico, onde se buscou garantir a precisão dos resultados e evitar distorções para conseguir uma margem de segurança quanto às inferências feitas (Beuren et al., 2008).

Quanto aos procedimentos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica e documental. Segundo Gil (1999), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de material já elaborado, uma vez que foram utilizadas como principais fontes os autores que dão suporte ao tema central do estudo. E a pesquisa documental que, de acordo com Gil (1999, p.89), “[...] baseia-se em materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa”, onde nesta pesquisa utilizaram-se principalmente das demonstrações contábeis das empresas distribuidoras de energia.

#### 3.1 População e Amostra

A população da pesquisa foi constituída das companhias brasileiras distribuidoras de energia elétrica, totalizando 58 empresas.

Considerando que a modelagem DEA pressupõe a homogeneidade das DMU's, dentre as 58 companhias, foram excluídas 25 classificadas como de pequeno porte, consoante o critério adotado pela ANEEL, (número de unidades consumidoras menores ou igual a 400 mil), o que resultou em uma amostra com 33 companhias.

Para refinar ainda mais a pesquisa, foi feita a simulação da análise envoltória com o grupo das 33 restantes para a identificação de eventuais supereficiências, o que indicaria a presença de *outliers*, entretanto, nenhuma DMU se enquadrou nestas condições.

Depois das exclusões, a amostra foi composta por 33 companhias que estavam em operação no período em análise, (2017), e que desenvolviam a mesma atividade: distribuição de energia elétrica, sendo 20 companhias abertas e 13, fechadas.

#### 3.2 Tipos de dados e suas respectivas coletas

O estudo utilizou dados do tipo secundários, produzidos pelas empresas objeto do presente estudo, quais sejam: Ativo Total, Patrimônio Líquido, Receita Líquida e Lucro Líquido antes do Resultado Financeiro (LARF), coletados dos relatórios anuais do ano de 2017 de cada DMU, extraídos do website da B3, alguns destes utilizados para cálculo dos indicadores econômicos, dados primários os quais foram usados como fatores da análise envoltória dos dados. Portanto, os dados primários foram: Rentabilidade do Ativo (ROA), Rentabilidade do Patrimônio Líquido (ROE), Margem Líquida e Giro do Ativo.

A pesquisa utilizou-se ainda dos seguintes dados primários: os escores de eficiência e os *benchmarks* gerados pela DEA na análise dos resultados.

### 3.3 Tratamento e análise dos dados

Considerando que a análise envoltória dos dados mostrou-se como adequada aos fins deste trabalho, conforme já apresentado nos estudos empíricos anteriores sobre o tema, cabe identificar os parâmetros da análise para este estudo, assim entendidos: quantidade de DMU's, fatores da análise (*inputs* e *outputs*) e modelo DEA aplicável.

A quantidade de DMU's corresponde ao tamanho da amostra, no caso, 33 companhias, sendo 20 abertas e 13, fechadas.

No que diz respeito à escolha dos fatores de *input* e de *output* para a análise DEA, observou-se que, conforme Andrade e Martins (2017, p. 346), o “principal componente da base de remuneração regulatória (BRR) é o valor dos ativos relacionados com a prestação de serviços de energia elétrica, que são os maiores investimentos realizados pela empresa”. Esse é também o principal componente da tarifa de energia. Com base nos estudos anteriores, como Kassai (2002), Correa et al. (2016) e Martins et al. (2018), observou-se que as respectivas análises DEA selecionaram como fatores: o Ativo Total (AT) e o Patrimônio Líquido (PL), como *inputs* e o Retorno do Ativo (ROA) e o Retorno do Patrimônio Líquido (ROE), como *outputs*, entretanto, não foram localizados trabalhos com DEA que envolvessem o Giro do Ativo (GA) nem a Margem Líquida (ML). Assim, passou-se a investigar a adequabilidade da inclusão destas duas variáveis na análise, como fatores de *output*.

Para tanto, foi realizado um teste de correlação para identificar eventuais existências de colinearidade entre os fatores de *input* e de *output*, no mesmo sentido dos estudos de Kassai (2002); Zhu (2010), Correa et al. (2016) e Rempel et al. (2017).

**Tabela 2**

*Matriz de correlação para seleção de inputs e outputs.*

	(I) AT	(I) PL	(O) ROA	(O) ROE	(O) GA	(O) ML
(I) AT	1					
(I) PL	0,41	1				
(O) ROA	-0,19	0,16	1			
(O) ROE	-0,57	-0,16	0,00	1		
(O) GA	-0,03	0,24	0,04	-0,04	1	
(O) ML	-0,21	-0,04	0,58	0,07	-0,41	1

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Ante a inexistência de correlação forte entre os fatores, conforme mostrado na Tabela 2, foram mantidos como *inputs*: Ativo Total (AT) e Patrimônio Líquido (PL) e como *outputs*: Retorno do Ativo (ROA), Retorno do PL (ROE), Giro do Ativo (GA) e Margem Líquida (ML). A Tabela 3 mostra o rol dos fatores de *input* e de *output*, com as respectivas descrições e indicação de estudos anteriores que utilizaram os mesmos fatores na análise DEA.

**Tabela 3***Fatores selecionados como outputs e inputs da modelagem DEA*

	Fatores	Descrição	Estudos anteriores com o mesmo fator
<i>Inputs</i>	Ativo Total (AT)	É um recurso controlado pela entidade como resultado de eventos passados e do qual se espera que fluam futuros benefícios econômicos para a entidade (CPC 00 (R1), 2011)	Martins et al (2018)
	Patrimônio Líquido (PL)	É o interesse residual nos ativos da entidade depois de deduzidos todos os seus passivos. (CPC 00 (R1), 2011)	Kassai (2002)
<i>Outputs</i>	Rentabilidade do Ativo (RA)	Representa quanto a empresa gera de lucro em relação ao investimento total (Matarazzo, 2010).	Correa et al (2016)
	Rentabilidade do PL (ROE)	Expressa a relação entre o lucro gerado em relação ao investimento em recursos próprios (Matarazzo, 2010).	Correa et al (2016)
	Giro do Ativo (GA)	Representa a relação entre o total de vendas e o ativo total da empresa, indicando o número de vezes que este girou (Matarazzo, 2010).	-
	Margem Líquida (ML)	Representa a geração de lucro em relação ao volume de vendas (Matarazzo, 2010).	Martins et al (2018) usou o Lucro Líquido

**Fonte:** dados da pesquisa.

Considerando a seleção dos seis fatores da análise, sendo dois de *input* e quatro de *output*, convém verificar se esta informação associada à quantidade de DMU's torna o estudo exequível. Conforme Banker et al. (1989), a quantidade de DMU's deve corresponder a, pelo menos, três vezes a quantidade de fatores da análise. Assim, considerando os seis fatores da análise, o estudo requereu que a amostra contemplasse, no mínimo, 18 companhias. Considerando a amostra de 33 DMU's a análise é exequível.

Para a escolha do modelo DEA aplicável, na forma do ensinado por Zhu (2010), observou-se a ausência de proporcionalidade entre os fatores de *input* e *output*, indicando ser aplicável o modelo BCC por admitir retornos variáveis de escala. Ademais, segundo os trabalhos de Cooper, Seiford e Toner (2000) e Kassai (2002), o modelo CCR não se aplica a análises que contemplem fatores com valores menores que zero e o modelo BCC se aplica nas duas circunstâncias. Assim, considerando que neste trabalho os fatores contemplados na análise: Patrimônio Líquido (PL), Retorno do Patrimônio Líquido (ROE), Retorno do Ativo (ROA), bem como a Margem Líquida (ML) assumiram valores menores do que zero para algumas das DMU's objeto da análise, tal situação, confirmou a adequação da escolha do modelo BCC.

Com a adoção do modelo DEA considerando o retorno variável de escala – BCC, admite-se que acréscimos nos *inputs* Ativo Total ou Patrimônio Líquido poderiam gerar um acréscimo ou decréscimo não proporcional em algum dos índices de rentabilidades utilizados como *outputs*. Quanto à orientação do modelo, optou-se pelo foco nos resultados para que a gestão das companhias distribuidoras de energia elétrica, a partir do mesmo nível de AT e de PL, possam buscar a maximização dos níveis de ROA, ROE, GA e ML, na mesma esteira de Kassai (2002).

Definidos os parâmetros da análise DEA, foi realizada a análise descritiva dos dados e, em seguida, a análise envoltória dos dados com a apresentação do ranking de eficiência e identificação dos principais *benchmarks*.

Os dados secundários e primários utilizados como fatores da análise DEA foram compilados em uma planilha Excel e em seguida foram submetidos à análise envoltória de dados por meio do software estatístico Frontier Analyst 4.1.

#### 4 Análise e discussão dos resultados

A Tabela 4 contempla a média, mediana, desvio padrão e valores máximo e mínimo, para a análise descritiva dos fatores da análise DEA. Os dados mais dispersos foram os do Ativo Total e os menos dispersos foram os da Margem Líquida.

**Tabela 4**

*Fatores selecionados como outputs e inputs da modelagem DEA*

	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Ativo Total (AT)	6.096.074	4.351.700	4.705.196,70	624.605	17.955.966
Patrimônio Líquido (PL)	1.244.098	1.105.701	3674301,838	-11.936.537	15.207.842
Retorno do Ativo (ROA)	5,395%	6,6847%	0,0654983573	-13,3%	20,1%
Retorno no PL (ROE)	12,572%	11,7185%	0,1605382147	-46,7%	43,9%
Giro do Ativo (GA)	0,685034	0,739407	0,268466871	0,01	1,30
Margem Líquida (ML)	11,825%	3,8045%	0,5502050658	-62,6%	305,5%

**Fonte:** Elaborada pelas autoras com base na pesquisa (2018).

O Ativo Total (AT) variou entre R\$ 624.605 mil (CELESC) e R\$ 17.955.966 mil (COPEL), e a média foi de R\$ 6.096.074 mil, observando-se ainda uma concentração dos valores abaixo da média. A mediana no valor de R\$ 4.351.700 mil confirma isto, pois, sendo ela a medida do termo central, a qual ficou abaixo da média, então mais da metade das companhias ficaram abaixo da média.

O Patrimônio Líquido (PL) variou entre (R\$ 11.936.537 mil) negativos (ELTROBRAS-AM) e R\$ 15.207.842 mil (COPEL), e a média foi de R\$ 1.244.098 mil, observando-se ainda uma concentração de mais da metade das companhias abaixo da média porque a mediana, no valor de R\$1.105.701 mil, ficou abaixo da média, portanto, mais da metade das companhias ficaram abaixo da média, a exemplo do que ocorreu com o Ativo Total.

O Retorno do Ativo (ROA) variou entre -13,3% (ELETROBRAS-AM) e 20,1% (CPFL-PA), e a média foi de 5,395%, observando-se ainda uma concentração de mais da metade das companhias acima da média. A mediana no valor de 6,6847% confirma isto, pois, sendo ela o termo central, superior à média, revela-se, portanto, que mais da metade das companhias ficaram acima da média.

O Retorno do Patrimônio Líquido (ROE) variou entre -46,7% (ELETROPAULO) e 43,9% (ELETROBRAS-AL), e a média foi de 12,572%, observando-se ainda uma concentração de mais da metade das companhias abaixo da média. A mediana no valor de 11,7185% confirma isto, pois, sendo ela o termo central, menor que a média, revela-se, portanto, que mais da metade das companhias ficaram abaixo da média.

O Giro do Ativo (GA) variou entre 0,01 (ELETROBRAS-AM) e 1,30 (CPFL-PI), e a média foi de 0,685034, observando-se ainda uma concentração de mais da metade das companhias abaixo da média. A mediana no valor de 0,739407 confirma isto, pois, sendo ela o

termo central, superior à média, revela-se, portanto, que mais da metade das companhias ficaram acima da média.

A Margem Líquida (ML) variou entre -62,6% (ETO-RO) e 305,5% (CEB), e a média foi de 11,825%, observando-se ainda uma concentração de mais da metade das companhias abaixo da média. A mediana no valor de 3,8045% confirma isto, pois, sendo ela o termo central, menor que a média, revela-se, portanto, que mais da metade das companhias ficaram abaixo da média.

Foi realizada a análise envoltória dos desempenhos econômicos de 2017 inerentes aos indicadores de rentabilidade (*outputs*), a partir dos níveis de Ativo Total e de Patrimônio Líquido (*inputs*) de 33 companhias distribuidoras de energia elétrica, considerando-se eficientes somente as DMUs que atingiram pontuação de escores de 100%.

A Tabela 5 mostra os resultados encontrados para o ano de 2017. A classificação está disposta em escala ordinal de eficiência e os escores variam de 100% a 40,14%. Dentre as 33 DMU's, 9 (27,3%) distribuidoras de energia elétrica alcançaram a fronteira de eficiência: CEB-DIS, CELESC, CPFL-PA, CPFL-PI, ELETROBRAS-AL, ELETROBRAS-AM, ELETROBRAS-PI, EMG-ENERGISA e ESSE-ENERGISA. As outras 24 companhias (72,73%) ficaram abaixo da fronteira de eficiência, com pontuação abaixo de 100% e foram consideradas ineficientes.

**Tabela 5**

*Ranking de eficiência do desempenho econômico das Distribuidoras de energia elétrica-2017*

<b>Ranking</b>	<b>DMU</b>	<b>Tipo de Capital</b>	<b>Scores</b>
1°	CEB - DISTRIBUIÇÃO S.A	Fechado	100,00%
	CELESC-DISTRIBUIÇÃO	Fechado	100,00%
	CPFL PA	Aberto	100,00%
	CPFL PI	Aberto	100,00%
	ELETROBRAS AL	Fechado	100,00%
	ELETROBRAS AM	Fechado	100,00%
	ELETROBRAS PI	Fechado	100,00%
	EMG - ENERGISA MINAS GERAIS	Fechado	100,00%
	ESSE - ENERGISA SERGIPE	Fechado	100,00%
<b>Ranking</b>	<b>DMU</b>	<b>Tipo de Capital</b>	<b>Scores</b>
10°	EPB - ENERGISA SUL-SUDESTE	Fechado	99,83%
11°	ETO - RO CENTRAIS ELÉTRICAS	Fechado	98,12%
12°	EDP - BANDEIRANTE	Aberto	97,77%
13°	ELECTRO REDES	Aberto	91,97%
14°	CEEE D	Aberto	90,33%
15°	COSERN	Aberto	88,58%
<b>Ranking</b>	<b>DMU</b>	<b>Tipo de Capital</b>	<b>Scores</b>
16°	ENEL (COELCE)	Aberto	88,11%
17°	EDP - ESCELSA	Aberto	80,93%
18°	ENERGISA-MS	Aberto	79,99%
19°	ETO - ENERGISA TOCANTINS	Fechado	79,82%
20°	ESS - ENERGISA SUL-SUDESTE	Fechado	79,77%
21°	CELPA	Aberto	75,23%
22°	LIGTH	Aberto	71,60%
23°	RGE SUL	Aberto	71,45%
24°	CEMAR	Aberto	70,92%
25°	ELETROPAULO	Aberto	70,76%
26°	RGE - RIO GRANDE ENERGIA S.A.	Fechado	70,07%
27°	CELPE	Aberto	62,37%
28°	ENERGISA-MT	Aberto	55,90%

Chelida Maria dos Santos Bastos, Denise Maria Moreira Chagas Corrêa, Ana Lua Vilanova Alves, Ana Carolina Pereira Rodrigues e Sueli Maria de Araújo Cavalcante

29º	COELBA	Aberto	55,24%
30º	CEMIG DISTRIBUIÇÃO	Aberto	53,50%
31º	AMPLA	Aberto	43,87%
32º	COPEL	Aberto	40,75%
33º	CELG D - CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.	Fechado	40,14%
	<b>Média</b>	-	<b>80,52%</b>
	<b>Mediana</b>	-	<b>80,93%</b>

**Fonte:** Dados da pesquisa (2018).

Entre as empresas de grande porte, foram consideradas eficientes as distribuidoras COELCE (ENEL) e RGE no estudo realizado pela ANEEL (2017), considerando os resultados dos dados médios dos três anos anteriores (2014 à 2016). Já na presente pesquisa, essas companhias não repetiram o desempenho, ocupando 16º e 23º posição o ranking, respectivamente. Em comparação aos estudos de Rempel et al. (2017), apenas a companhia CPFL-PI foi considerada eficiente também neste estudo. Já em relação à pesquisa de Martins et al. (2018), novamente a companhia CPFL-PI repetiu o resultado e ainda a CPFL-PA alcançou a fronteira de eficiência.

Entre as companhias eficientes, destacam-se as do grupo Energisa, que, em 2017 foi o maior vencedor do prêmio ABRADÉE, que elege as melhores distribuidoras nas categorias: Prêmio Nacional, Regional, Qualidade da Gestão, Avaliação pelo Cliente, Gestão Operacional e Econômico-financeira, Evolução do Desempenho e Responsabilidade Social. Entre essas estão as companhias EMG - ENERGISA de Minas Gerais e a companhia ESSE - ENERGISA de Sergipe, sendo essa última premiada nas categorias Gestão Econômico-Financeira e Gestão Operacional.

No geral, a pontuação média das companhias foi de 80,52%, 17 companhias ficaram acima dessa média e as outras 16, abaixo.

#### 4.1 Eficiência relativa por tipo de capital

A abertura de capital é uma estratégia muito disseminada pelas empresas de grande porte como uma alternativa de financiamento de longo prazo e para aumento da sua liquidez. Isso não significa necessariamente em ganho de eficiência e melhoramento de desempenho. Por isso, investigou-se ainda se as companhias abertas foram mais eficientes do que as companhias fechadas.

A Tabela 5 mostrou também que, entre as 13 companhias fechadas, apenas 7 (53,8%) foram eficientes e que, entre as 20 companhias abertas, 2 (10%) foram eficientes. Com isso, observou-se que as companhias fechadas apresentaram média de eficiência bem superior a 27,27% do grupo, as companhias abertas apresentaram média de eficiência abaixo desta mesma referência, comprovando que a abertura de capital não contribuiu com a melhoria da eficiência dos desempenhos econômicos nas companhias.

#### 4.2 Benchmarking para as DMUs ineficientes.

Além de gerar dados de eficiência relativa para cada DMU, a metodologia DEA identifica os melhores padrões de desempenho, *benchmarking* (Bogeroft, & Nilsen, 2003), que são referências ou soluções para as DMUs consideradas como não-eficientes. A Figura 3 mostra as companhias eficientes que foram consideradas referências para outras DMU's.

Chelida Maria dos Santos Bastos, Denise Maria Moreira Chagas Corrêa, Ana Lua Vilanova Alves, Ana Carolina Pereira Rodrigues e Sueli Maria de Araújo Cavalcante

De acordo com a Tabela 6, observa-se que, entre as nove distribuidoras eficientes, oito servem de benchmarking para as não-eficientes, com destaque para a CEB – Distribuição que é referência para 17 empresas, CPFL PA e CPFL PI que servem como referência para 16 e 14 companhias, respectivamente. A Tabela 6 mostra a relação de todas as companhias não eficientes para as quais as companhias eficientes são benchmarking. A distribuidora CELESC é a única eficiente que não é referência para nenhuma DMU considerada ineficiente.

**Tabela 6**

*Benchmarking das DMU's eficientes para as unidades não-eficientes*

DMU	Benchmarking		Tipo de Capital
	Nº de vezes	%	
CEB - DIS DISTRIBUIÇÃO S.A	17	28,8%	Fechado
CPFL PA	16	27,1%	Aberto
CPFL PI	14	23,7%	Aberto
EMG - ENERGISA MINAS GERAIS	5	8,5%	Fechado
ESSE - ENERGISA SERGIPE	3	5,1%	Fechado
ELETOBRAS AM	2	3,4%	Fechado
ELETOBRAS PI -	1	1,7%	Fechado
ELETOBRAS AL -	1	1,7%	Fechado
CELESC-DIS	0	0%	Fechado
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>	

**Fonte:** Elaborada pelas autoras com base nos dados da pesquisa (2018) gerados pelo Frontier 4.1.

As companhias abertas apresentaram potencial de benchmarking para as ineficientes mais concentrado do que as companhias fechadas, pois as duas companhias de capital aberto consideradas eficientes (CPFL-PA e CPFL-PI) se apresentaram como benchmarking 30 vezes, no total de 59, revelando que 50,8% dos benchmarks partiram tão somente delas duas. A companhia eficiente com maior potencial de benchmark foi a CEB, que foi referência para 17 companhias ineficientes, enquanto a CELESC não foi referência para nenhuma companhia.

Conhecer as companhias que são *benchmark* permite às demais a busca pela eficiência e o aperfeiçoamento de seus processos, bem como melhores práticas a partir da interação com o mercado ou, no caso, com o setor de atuação. Portanto, os resultados dessa pesquisa constituem-se como informação relevante para pesquisa futura destinada a investigar a adoção de medidas para que companhias ineficientes se tornem eficientes, espelhadas em seus *benchmarkings*.

## 5 Considerações Finais

Os objetivos desta pesquisa foram alcançados por meio da análise envoltória dos desempenhos econômicos de 33 companhias brasileiras distribuidoras de energia elétrica, sendo 20 de capital aberto e 13, de capital fechado, no ano de 2017, com seis fatores de análise, sendo dois de *input*: Ativo total (AT) e Patrimônio Líquido (PL) e quatro de *output*: (entabibilidade do Ativo (ROA), Rentabilidade do PL (ROE), Margem Líquida (ML) e Giro do Ativo (GA), utilizando o modelo BCC com foco nos resultados.

Os resultados obtidos apontam que 9 (27,27%), entre as 33 companhias alcançaram a fronteira da eficiência e que, entre estas, apenas 2 eram abertas, entretanto, estas duas sozinhas foram referências para as ineficientes, respondendo, portanto por 50,8% dos *benchmarks*. Entre as nove companhias eficientes, sete (77,78%) são companhias fechadas e apenas 2 (22,22%),

são abertas, revelando que a abertura de capital não foi um fator determinante para alcançar a eficiência econômica, entretanto, uma vez alcançada tal eficiência, as práticas destas companhias abertas podem ser referência para a maioria das companhias ineficientes.

Os destaques entre as companhias eficientes são as duas do grupo ENERGISA; EMG e ESSE que se destacaram no prêmio ABRADEE de 2017, essa última na categoria Gestão Econômico-Financeira e Gestão Operacional.

Comparando-se os resultados obtidos neste estudo com os estudos anteriores mais recentes como o de Rempel et al. (2017) e em Martins et al. (2018), destacou-se a companhia CPFL PI que foi a única companhia que foi considerada eficiente nos três.

Os resultados mostram ainda que, das nove empresas eficientes, oito servem como benchmarking para outras DMU's abaixo da fronteira de eficiência e que as companhias abertas eficientes têm maior potencial de benchmarking que as companhias fechadas, sendo que essas primeiras servem de referência 30 vezes, enquanto as companhias fechadas reunidas servem como referência para as ineficientes 29 vezes.

A análise realizada neste trabalho tem validade limitada ao conjunto de DMU's objeto da análise, bem como ao conjunto de fatores de *input* e de *output* selecionados, de modo que a alteração em qualquer um destes conjuntos de dados resultará em outras companhias como eficientes e não eficientes.

Como sugestão de pesquisas futuras, recomenda-se o estudo longitudinal da eficiência relativa dos desempenhos econômico financeiro nas companhias do mesmo segmento econômico, ou ainda a replicação desta pesquisa com as distribuidoras de energia elétrica de pequeno porte ou até mesmo para outros segmentos econômicos. Questão relevante também seria o aprofundamento deste estudo por meio do desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa a partir dos dados da presente pesquisa, junto às companhias avaliadas com os piores desempenhos, com o intuito de identificar ações corretivas destinadas à otimização dos seus resultados, com o fim de torná-las eficientes, considerando os seus melhores *benchmarks*.

## Referências

Andrade, M. E. M. C., & Martins, E. (2017). Desafios na Política Pública de Mensuração dos Ativos para a Formação das Tarifas no Setor Elétrico: Alguém Deve Ser Beneficiado e Alguém Deve Ser Sacrificado? *Revista Contabilidade & Finanças - USP*, 28(75), 344-360. Recuperado em 06 junho, 2018, de <http://www.revistas.usp.br/rcf/article/view/138283/133727>

Assaf Neto, A. (2015). *Estrutura e Análise de Balanços: um enfoque econômico-financeiro* (11 ed.). São Paulo: Atlas.

Associação Brasileira de Distribuidores de Energia - ABRAADE. A distribuição de energia. Recuperado em 15 de maio, 2018, de <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>.

Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-109.

Banker, R., Charnes, A., Cooper, W., Swarts, J., & Thomas, D. (1989). An introduction to Data Envelopment Analysis with some of its models and their uses. *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, 5, 125-163.

Beuren, I. M., Longaray, A. A., Raupp, F. M., Sousa, M. A. B., Colauto, R. D., & Porton, R. A. B. (2008). *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática* (3 ed.). São Paulo: Atlas.

Bogetoft, P., & Nielsen, K. (2003). DEA based yardstick competition in natural resource management. Australian and Agricultural and Resource Economics Society (AARES), (47<sup>th</sup>) Conference. Fremantle. Austrália, p. 103-125. Recuperado em 04 de abril, 2018, de <[http://ageconsearch.umn.edu/record/57928/files/2003\\_nielsen.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/record/57928/files/2003_nielsen.pdf)>.

Bortoluzzi, S. C., Ensslin, S. R., Ensslin, L., & Valmorbidia, S. M. I. (2011). A Avaliação de Desempenho em redes de pequenas e médias empresas: estado da arte para as delimitações postas pelo pesquisador. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 4(2), 202-222. Recuperado em 02 de maio, 2018 de <http://dx.doi.org/10.19177/reen.v4e22011202-222>

Castro, C. E. T. (2003). *Avaliação da eficiência gerencial de empresas de águas e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Recuperado de [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/5000065181\\_03\\_pretexto.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/5000065181_03_pretexto.pdf)

Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. Recuperado em 04 de abril, 2018 de [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

Coelli, T. (1996). A guide to DEAP version 2.1: a data development analysis (computer) Program. *Centre for efficiency and Productivity Analysis*, University of New England. Acesso em: 17 abr. 2018.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. Pronunciamento conceitual básico (R1) para elaboração e divulgação de relatório contábil-financeiro. Recuperado em 03 de fevereiro de 2019 de [http://www.cpc.org.br/pdf/CPC00\\_R1.pdf](http://www.cpc.org.br/pdf/CPC00_R1.pdf).

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. 318 p. Recuperado em 05 de março, 2019 de <https://www.springer.com/la/book/9780387452814#aboutBook>

Correa, A., Taffarel, M., Ribeiro, F., & Menon, G. (2016). Análise de Eficiência: Uma Comparação das Empresas Estatais e Privadas do Setor de Energia Elétrica Brasileiro. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 15(46), 9-23. Recuperado em 04 de abril, 2018 de <http://dx.doi.org/10.16930/2237-7662/rccc.v15n46p9-23>

Faria, J. A., & Gomes, S. M. S. (2009). O Activity Based Costing (ABC) na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba): fatores relevantes para implantação, o modelo e os resultados obtidos. Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. São Leopoldo.

Recuperado em 06 de maio, de 2018, de  
<<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/942>>

Freitas, G. A., Silva, E. M., Oliveira, M. C., Cabral, A. C. A., & Santos, S. M. (2018). Governança corporativa e desempenho dos bancos listados na B3 em ambiente de crise econômica. *Revista Contabilidade, Gestão e Governança*, 21, 100-119. Recuperado em 28 de junho, 2018 de [https://doi.org/10.21714/1984-3925\\_2018v21n1a6](https://doi.org/10.21714/1984-3925_2018v21n1a6)

Gil, A. C. (1999). Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed, São Paulo: Atlas.

International Energy Agency (IEA). (2010). Energy Technology Perspectives. OECD/IEA, Paris. Recuperado em 01 de abril de 2018, de <<https://webstore.iea.org/energy-technology-perspectives?page=2>>.

Kassai, S. (2002). Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Análise das Demonstrações Contábeis. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.12.2002.tde-11122002-092458. Recuperado em 14 de dezembro de 2018, de [www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)

Lei n. 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995 (1995). Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 12 de abril, 2018, de <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1995/lei-8987-13-fevereiro-1995-349810-publicacaooriginal-1-pl.html>>

Lei n. 9.427, de dezembro de 1996 (1996). Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 16 de junho, de 2018, de <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm)>

Lins, Marcos Pereira Estellita, & Meza, Lúcia Angulo. (2000). Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ.

Lopes, A. L. M., Vilela, B. A., Costa, M. A., & Lanzer, E. A. (2016). Critical evaluation of the efficient costs assessment model used in the regulation of Brazilian energy distribution service operator. *Revista Gestão & Tecnologia*, 16(3), 5-30

Macedo, M. A. S., Nova, S. P. C. C., & Almeida, K. (2009). Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos em contabilidade e administração. *Contabilidade, Gestão e Governança*, 12(3), 87-101

Martins, V. Q., Diehl, C. A., Rempel, C., & Tagliari, M. (2018). Evaluation of technical efficiency of Brazilian distribution companies of electrical energy through data envelopment analysis (DEA). *Contaduría y Administración*, 63(1). Recuperado em 04 de abril, 2018 de <https://goo.gl/tYZwdd>

- Matarazzo, D. C. (2010) *Análise Financeira de Balanços*. 7 ed. São Paulo: Atlas.
- Meza, L. A. Mello, J. C. C. B. S., Gomes, E. G., & Fernandes, A. J. S. (2007). Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. *Investigação Operacional*, 27(1), 21-36. Recuperado em 01 de abril de 2018, de <<https://goo.gl/88r5yy>>.
- Montoya, M. A., Pasqual, C. A., Lopes, R. L., & Guilhoto, J. J. M. (2013) As relações intersetoriais do setor energético no crescimento da economia brasileira: uma Abordagem Insumo-Produto. Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado em 14 de março, 2018 de <<http://www.usp.br/nereus/?cat=14>>.
- Pessanha, J. F., Mello, M. A. R. F., Barros, M., & Souza R. C. (2010). 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*, 30(3), 521-545. Recuperado em 13 de março, 2018 em <http://dx.doi.org/10.1590/>
- Rempel, C., Diehl, C. A., Martins, V. Q., & Hansen, P. B. (2017). Analysis of the Relative Technical Efficiency of Brazilian Electricity Distribution Companies: A DEA Approach .
- Resolução nº 794 de 28 de Novembro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, aprova a revisão dos Módulos 1 e 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST e dá outras providências. ANEEL. Ministério de Minas e Energia. Brasília: 2017. Recuperado em 16 de junho, de 2018, de <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2017/034/resultado/ren2017794.pdf>
- Revista Contemporânea de Contabilidade, 14(33), 33-54. Recuperado em 14 de março, 2018 em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/search>
- Sander, B. (1995). *Gestão da educação na América Latina: construção e reconstrução do conhecimento*. Campinas: Autores Associados.
- Siffert Filho, N. F., Alonso, L. A., Chagas, E. B., Szuster, F. R., & Sussekind, C. S. (2009). O papel do BNDES na expansão do setor elétrico nacional e o mecanismo de project finance. *BNDES Setorial*, n. 29, 3-36. Recuperado em 13 de março, 2018 de <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1843>
- Sollero, M. K. V., & Lins, M. P. E. (2004). Avaliação de eficiência de distribuidoras de energia elétrica através da análise envoltória de dados com restrições aos pesos. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 36. São João Del Rei. Recuperado em 14 de março, 2018 de <<https://goo.gl/57jEjq>>.
- Tolmasquim, M. (2000). As origens da crise energética brasileira. *Ambiente & sociedade*, 6/7, 179-183. Recuperado em 17 de maio, 2018 de <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2000000100012>

Chelida Maria dos Santos Bastos, Denise Maria Moreira Chagas Corrêa, Ana Lua Vilanova Alves, Ana Carolina Pereira Rodrigues e Sueli Maria de Araújo Cavalcante

Yuzhi, S., & Zhangna. (2012). Study of the input-output overall performance evaluation of electricity distribution based on DEA method. *Energy Procedia*, 16, 1517-1525. Recuperado em 10 de julho, 2018 de <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.238>

ZHU, J. Multi-factor performance measure model with an application to fortune 500 companies. *European Journal of operational Research*, n. 123, p. 105-124, 2010.