



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



BRUNO LEONARDO MERJAM CARDONE

Análise da eficiência econômica das empresas do setor de energia elétrica listadas na BM&F Bovespa:

uma aplicação da Análise Envoltória de Dados

Limeira
2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



BRUNO LEONARDO MERJAM CARDONE

Análise da eficiência econômica das empresas do setor de energia elétrica listadas na BM&F Bovespa:

uma aplicação da Análise Envoltória de Dados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Manufatura à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Johan Hendrik Poker Junior

Limeira
2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Sueli Ferreira Júlio de Oliveira - CRB 8/2380

C179a Cardone, Bruno Leonardo Merjam, 1994-
Análise da eficiência econômica das empresas do setor de energia elétrica listadas na BM&F Bovespa : uma aplicação da Análise Envoltória de Dados / Bruno Leonardo Merjam Cardone. – Limeira, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Johan Hendrik Poker.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Análise envoltória de dados. 2. Setor elétrico. 3. Eficiência. I. Poker, Johan Hendrik, 1974-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações adicionais. complementares

Título em outro idioma: Economic efficiency analysis of companies in the electricity sector listed on the BM&F Bovespa: an application of Data Envelopment Analysis

Titulação: Bacharel em Engenharia de Manufatura

Banca examinadora:

Luiz Eduardo Gaio

Data de entrega do trabalho definitivo: 28-11-2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que sempre me proporcionaram todo o suporte necessário para que eu pudesse continuar estudando em boas instituições, mesmo diante de condições financeiras adversas, fazendo com que eu tivesse esta oportunidade de realizar uma graduação em uma das mais renomadas universidades do mundo, a UNICAMP.

Aos meus colegas de minha querida república Ross Galaxy, que fazem parte da minha trajetória acadêmica, tanto no que tange os momentos bons, quanto nos momentos mais difíceis, nos quais achei que não seria possível, se quer, chegar até onde cheguei neste momento, e muito fora possível por conta desta amizade mais que especial.

Ao meu irmão, que sempre me incentivou a persistir e me ensinou a ter foco a fim de atingir os objetivos desejados, visando um pensamento de longo prazo e um raciocínio lógico que gera uma maior facilidade em minhas tomadas de decisão de forma concisa e objetiva, evitando-se, assim, a minha desistência em meus principais propósitos pessoais.

A minha namorada e companheira Marcela Miracca, que esteve sempre junto nesta jornada acadêmica, me ajudando a amadurecer de forma surpreendente, também sendo esta uma das responsáveis por eu ter continuado a cursar a minha graduação e, conseqüentemente, fazer com que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao Professor Doutor Johan Poker, o qual me auxiliou a criar uma nova visão dentro de minha graduação, por meio de atividades realizadas em parceria com o Laboratório de Finanças e Contabilidade (LABFIC – FCA); ajudas em pesquisas relacionadas a mercado financeiro durante o período em que participei da Liga do Mercado Financeiro da UNICAMP, e também durante este vigente estudo, o que desencadeou em mim um forte interesse pela área financeira na qual atuo hoje e pretendo me especializar cada vez mais projetando, em um futuro próximo, voltar para a academia com este intuito.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial à Secretária de Graduação da FCA – UNICAMP Bruna Lopes e ao coordenador de curso da minha graduação Jaime Izuka que sempre buscaram me auxiliar em momentos mais críticos de minha graduação, também possuindo este influencias diretas para o prosseguimento de minha trajetória acadêmica.

Change will not come if we wait for some other person or some other time. We are the ones we've been waiting for. We are the change that we seek.

(Barack Obama)

M. CARDONE, Bruno Leonardo. Análise da eficiência econômica das empresas do setor de energia elétrica listadas na BM&F Bovespa: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Manufatura.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2019.

RESUMO

Esta pesquisa exploratória teve como objetivo verificar a eficiência econômico-financeira de empresas brasileiras do setor de energia elétrica sob a ótica do investidor, contemplando apenas as empresas listadas na BM&FBOVESPA. A pesquisa foi realizada através da técnica matemática não paramétrica denominada de Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual foi aplicada para a análise dos demonstrativos financeiros destas empresas durante o período entre 2012 até 2018, através da utilização de indicadores de desempenho, tais como de liquidez, de estrutura de capital e de rentabilidade. A metodologia de Análise Envoltória de Dados utiliza-se de quantidades de *inputs* (insumo) consumidos e *outputs* (produtos) produzidos, os quais, por meio de programação linear, constroem uma fronteira eficiente de produção, fronteira a qual é tida como a base para a avaliação da eficiência das Unidades Tomadoras de Decisão (Decision Making Units – DMUs). Como principais objetivos, desejou-se dar continuidade ao trabalho de Carvalho et al. (2014), analisando a eficiência de companhias do setor elétrico brasileiro (SEB), com um maior intervalo temporal, e buscou-se uma correlação entre o setor de atuação da empresa e a região geográfica de atuação, com a sua eficiência econômico-financeira. O modelo aplicado foi o BCC, com orientação para o *output*. Os insumos utilizados para a realização das análises das DMU's foram determinados com base em estudos de artigos que são referências na área.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Eficiência Econômica. Setor elétrico brasileiro. DEA. SEB.

M. CARDONE, Bruno Leonardo. Economic efficiency analysis of companies in the electricity sector listed on the BM&F Bovespa: an application of Data Envelopment Analysis. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Manufatura.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2019.

ABSTRACT

This exploratory research aimed to verify the economic and financial efficiency of companies in the Brazilian electricity industry from the investor's perspective, considering only the companies listed on the BM&FBOVESPA. The research was done through the non-parametric mathematical technique Data Envelopment Analysis (DEA), that was applied to the analysis of the financial statements of these companies from 2012 to 2018, using performance indicators such as financial liquidity, capital structure and profitability. The Data Envelopment Analysis methodology uses quantities of inputs consumed and outputs produced, that, through linear programming, build an efficient production frontier, what is considered the basis for the evaluation of the Decision Making Units (DMUs) efficiency. The main objectives was to continue the studies of Carvalho et al. (2014), analyzing the efficiency of companies in the Brazilian electric industry, in a larger time interval, and aimed for a correlation between the electricity sector company's operations and the geographic region, with its economic and financial efficiency. The model applied was the BCC, with output orientation. The inputs used for the analysis of DMUs was determined based on studies of articles that are references in the area.

Keywords: Data Envelopment Anaylis. Brazilian Electric Industry. DEA. Economic Efficiency. Eletricity Sector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Gráfico comparativo entre os modelos de DEA CCR e BCC e com o modelo de regressão linear.....	21
----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição das companhias de acordo com a atividade.....	27
Tabela 2	Distribuição das companhias de acordo com a região de atuação.....	28
Tabela 3	Ranking da eficiência econômica das empresas de capital do SEB.....	32
Tabela 4	Abertura por período das cinco empresas que apresentaram maiores médias de eficiência econômica.....	35
Tabela 5	Abertura por período das cinco empresas que apresentaram menores médias de eficiência econômica.....	36
Tabela 6	Resultados obtidos com a regressão linear realizada através da regressão linear no software Excel.....	36
Tabela 7	Resultados obtidos com a regressão linear realizada através da regressão linear no software Excel.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Indicadores financeiros selecionados como variáveis a serem analisadas.....	19
Quadro 2	Principais variáveis do DEA utilizadas nos estudos sobre a eficiência técnica no setor elétrico brasileiro.....	24
Quadro 3	Principais variáveis do DEA utilizadas nos estudos sobre a eficiência alocativa no setor elétrico brasileiro.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Ativo Total
AP	Ativo Permanente
BEN	Balanço Energético Nacional
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CPC	Comitê De Pronunciamentos Contábeis
CRS	Constant Return to Scale
DGC	Indicador de Desempenho Global de Continuidade
DEA	Data Environment Analysis
DMU	Decision Making Unit
ICP	Imobilização do Capital Próprio
IRF	Índice de Receitas Financeiras
LL	Lucro Líquido
LO	Lucro Operação
LTD	Capital de Terceiros
MP	Medida Provis
NiE	Nível de Endividamento
RF	Receitas Financeiras
ROA	Retorno Sobre o Ativo
ROE	Retorno Sobre Patrimônio Líquido
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
TRBC	Thomson Reuters Busines Classification
TMC	Tempo médio de serviço
VRS	Variable Return to Scale

LISTA DE SÍMBOLOS

u	Peso
v	Peso
x	Insumo
y	Producto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Indicadores de Desempenho.....	17
2.2	Eficiência medida a partir da Análise Envoltória de Dados	19
2.3	Estudos anteriores	22
3	METODOLOGIA	26
3.1	Universo e amostra	27
3.2	Coleta e tratamento de dados	29
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	31
4.1	Análise das DMUs eficientes.....	33
4.2	Análise das DMUs menos eficientes	35
4.3	Análise das correlações	36
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXO A.....	46
	ANEXO B.....	47

1 INTRODUÇÃO

O setor de energia elétrica possui papel fundamental para o crescimento e desenvolvimento econômico de um país, proporcionando um aumento da capacidade de produção de bens e serviços em diversos setores, gerando investimentos e aumento de renda familiares (FINKLER, 2016).

Segundo o relatório World Energy Outlook (2018) da International Energy Agency (IEA), o consumo de energia elétrica representou 19% da demanda global de energia em 2018, com a projeção deste número chegar a 23,7% em 2024. Por conta da necessidade de um crescimento econômico acelerado e por um aumento na população, a pesquisa apontou que países emergentes irão demandar uma quantidade ainda maior de energia elétrica.

Tomando como base de pesquisa o Brasil, que é considerado um país emergente, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), o consumo de energia no país em 2009 já estava em 220.711 milhões de tep, e a projeção para 2035 é de que este valor chegue a 410,060 milhões de tep (BERS, 2011).

Nos últimos 130 anos, o Setor Elétrico Brasileiro – SEB – vem passando por diversas mudanças, com uma alternância na gestão do setor, variando entre a gestão pública e gestão privada, com a década de 1990 sendo marcante para o setor, com a desverticalização do setor em três frentes (geração, transmissão e distribuição) e com a abertura ao capital privado, impulsionadas pela incapacidade de investimento do Estado (SIFFERT FILHO et al., 2009).

Contudo, para que seja possível captar recursos de terceiros, a empresa precisa gerar retornos aos seus acionistas ou investidores, e este retorno deve continuar positivo após aplicar-se uma correção monetária sobre o capital obtido, ou seja, após subtrair do retorno indicadores de inflação, espera-se que o resultado continue positivo (CAPTAN et al., 2012).

Sob a perspectiva do investidor, nota-se que o aspecto primordial durante a escolha da empresa na qual deseja tornar-se sócio fica, dentre outros fatores, por conta de um maior retorno sobre o capital investido. Espera-se obter uma maior

recompensa pelo recurso investido em um negócio específico ao invés de outro que apresente um risco equivalente (BAIMA, 2004).

Sendo assim, o retorno do investimento fica condicionado a gestão de recursos por parte da empresa, sendo necessário que a companhia apresente uma boa eficiência econômico-financeira. Para a realização das análises, tem-se nas demonstrações contábeis, através de indicadores de desempenho, instrumentos recorrentemente utilizados para a avaliação da saúde econômica e financeira das companhias (CORREA et al., 2016).

O estudo recente dos pesquisadores Carvalho et al. (2014) na área observou durante o período entre 2010 e 2011 a eficiência econômico-financeira das empresas brasileiras de energia elétrica listadas na BM&FBOVESPA, através da utilização das demonstrações contábeis, em conjunto com a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual fornece a eficiência das empresas em um único indicador, tornando mais simplificada a compreensão e comparação dos resultados obtidos (MACEDO; CASA NOVA; ALMEIRA, 2009).

Segundo Menezes (2002), tanto a tomada de decisão dos indivíduos, quanto a das empresas são suscetíveis e fortemente influenciadas pelas constantes transformações no ambiente econômico. A fim de evitar a influência do momento macroeconômico do país nos resultados da pesquisa, este presente estudo visa dar prosseguimento ao estudo de Carvalho et al. (2014), e responder as seguintes perguntas:

Quais as empresas brasileiras de energia elétrica listadas na BM&FBOVESPA foram mais eficientes no aspecto econômico-financeiro entre os anos de 2012 e 2018 e qual a correlação dos resultados obtidos e: i) as regiões geográficas; ii) os setores atuação destas companhias?

Diante das projeções futuras do SEB, o presente estudo visa analisar as demonstrações contábeis dos anos de 2012 a 2018 de todas as empresas de capital aberto que compõem o setor, e conhecer a eficiência econômica e financeira destas companhias através da utilização da Análise Envoltória de Dados.

Além disso, assim como o estudo de Carvalho et al. (2014) preencheu uma lacuna no tema no que se diz respeito a utilização de DEA no setor de energia elétrica, a qual era quase que inteiramente focada na eficiência operacional das empresas que compõem este setor, este vigente estudo tem como objetivos específicos a obtenção da correlação entre o setor de atuação da companhia (geração, transmissão e distribuição) e a eficiência econômico-financeira desta, assim como examinar se existe relação entre as regiões geográficas de atuação da empresa e os resultados obtidos.

Pela notável relevância do setor para o desenvolvimento econômico do país, e pelo grande número de empresas de energia elétrica de capital aberto, esta pesquisa pode auxiliar na tomada de decisão de atuais e potenciais investidores. Logo, esta pesquisa é relevante sob a ótica do investidor, ao avaliar o desempenho e eficiência das companhias de capital aberto do SEB. Do ponto de vista acadêmico, o estudo permitiu dar prosseguimento a pesquisas prévias na área, visando preencher algumas lacunas de estudos neste setor, e também gerar oportunidades para novos estudos pois, segundo Macedo e Ribeiro (2011), em decorrência das constantes transformações e mudanças, este setor precisa ser foco permanente de processos de avaliação de desempenho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A implantação e expansão da prestação de serviços de energia elétrica no Brasil possui uma alternância entre períodos de participação de capital privado e público, com a década de 1930 dando início a um período baseado em investimentos públicos no setor, com este regime se estendendo até o início dos anos 1990, marcado pela incapacidade de investimento por parte do Estado (SIFFERT FILHO et al., 2009).

Os anos oitenta do setor elétrico brasileiro foram marcados pelo período de início do subinvestimento no setor, responsável pela suspensão de diversos projetos de expansão em geração e transmissão de energia elétrica, com o aumento do consumo de energia, o qual não está atrelado apenas com o desenvolvimento econômico do país, mas também com aumento no número de pessoas com acessos à eletricidade, gerando um aumento na demanda de energia (LOREZNO 2002).

Esta crise se alarmou na década seguinte e a desproporção entre consumo de energia traduzida em percentual fora de 49% de crescimento no consumo, frente a uma capacidade instalada de 35% (TOLMASQUIM, 2000). Para Pinheiro e Giambiagi (1997), outros fatores também contribuíram para a privatização do setor, sendo estes: o lançamento do Plano Nacional de Desestatização (PND), com a venda de estatais e também privatização de setores inteiros; Lei 8.987 promulgada em 13/02/1995, a qual regulamenta o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, já previamente previsto no artigo 175 da Constituição Federal de 1999 (CORREA, 2016).

Por conta destas mudanças, o Estado passa a ser responsável pela regulamentação do setor, com o SEB se tornando um dos setores mais regulados do país, sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia sob regime especial e vinculada ao Ministério das Minas e Energia, criada em 26 de dezembro 1996 pela Lei nº 9.427, a responsável pela regulamentação e fiscalização da produção, transmissão e comercialização de energia elétrica.

Após a criação da ANEEL, outras duas leis foram marco na regularização do setor elétrico brasileiro: a Lei 10.848 de 15/03/2004, que tem como objetivo presar pela segurança do abastecimento de energia, regular a tarifação e também buscar a inserção social através da universalização da energia elétrica (SIFERT FILHO et al., 2009); e a Lei 12.783 de 11/01/2013, uma modificação da primeira lei citada, a qual determinou a desverticalização do setor, com concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e também trata de uma redução dos encargos setoriais e modicidade tarifária (BRASIL, 2013).

Tem-se na ANEEL o órgão responsável por representar a participação do Estado por meio da regulação do setor, sendo os serviços prestados oriundos tanto de empresas de capital estatal, quanto por empresas de capital privado, as quais estão divididas em atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (CORREA, 2016). Por conta de ser um setor extremamente regulado e dividido e da facilidade do acesso aos dados das empresas, o objetivo deste estudo é analisar de qual forma os setores de atuação das companhias de energia elétrica influenciam na eficiência financeira destas.

2.1 Indicadores de Desempenho

É fundamental para o gerenciamento de empresas que as decisões sejam bem planejadas e pautadas em dados, independente do setor de atuação destas. O ambiente empresarial possui diversos participantes da vida econômica das instituições, com a tomada de decisão como fator determinante ao se tratar de saúde financeira da empresa e dos investimentos.

As decisões administrativas e de alocação de capital são parte presente de todos os participantes deste ambiente, e impactam diretamente a economia na qual está englobado este ambiente, nos âmbitos local, nacional e também mundial (CORREA, 2016). Por conta disto, pressupõem-se que, em todas as esferas deste ambiente, existe um risco envolvido por trás de cada decisão tomada, independente da partida desta decisão (empresa ou investidor). Para Ludícibus (2010), através do uso de dados da empresa, é possível mitigar o risco das decisões a serem tomadas.

A ciência que estuda estes dados é a contabilidade, que possui como objetivo básico fornecer as informações necessárias para os usuários, para auxiliar na tomada de decisão destes. Segundo definição da Associação Americana de Contabilidade (AMERICAN ACCOUNTING ASSOCIATION, 1966), entende-se como contabilidade “[...]o processo de identificação, medição e comunicação de informações econômicas que permitem o julgamento e a tomada de decisão pelos usuários das informações” (AMERICAN ACCOUNTING ASSOCIATION, 1966).

Segundo Marion (2007), as demonstrações contábeis se tornam fundamentais para a tomada de decisões, possibilitando uma ampla visão da situação da empresa em termos econômico e financeiro, levando-se em conta tanto aspectos operacionais, quanto patrimoniais, servindo, ainda, como uma base de registros temporais, que podem corrigir eventuais equívocos futuros.

Contudo, embora as demonstrações contábeis devam ser preparadas para atender distintas necessidades, com o papel de permitir o entendimento sobre a posição patrimonial e financeira, assim como o desempenho da entidade por um determinado período, os usuários destes dados possuem interesses e competências distintas, se tornando necessário que estas demonstrações contemplem quatro

características fundamentais: compreensibilidade, relevância, confiabilidade e comparabilidade (CPC, 2008).

Para atender estas quatro características fundamentais, torna-se necessário que os dados sejam convertidos em índices econômicos e financeiros, capazes de analisar e monitorar a evolução longitudinal do desempenho econômico e financeiro das entidades, sendo imprescindível não apenas o cálculo destes, mas também interpretação dos valores obtidos, sendo necessária uma base comparativa em cima dos resultados obtidos (GITMAN; MADURA, 2003).

Tem-se nos indicadores econômicos e financeiros uma forma de obter conclusões sobre a situação da empresa, com base em uma análise comparativa, sendo fundamental que, além da análise relacionar o desempenho da entidade com o setor de atividade desta e o mercado de modo geral, também devem ser levados em conta os resultados de períodos anteriores, buscando analisar uma tendência apresentada por estes indicadores de desempenho em um espaço temporal (ASSAF, 2012).

O enfoque da análise das demonstrações financeiras deve ser desenvolvida de acordo com o interesse do analista (ASSAF, 2012). Neste aspecto, a seleção dos indicadores financeiros utilizados neste estudo ocorreu segundo a perspectiva do investidor, visando analisar qual dentre as empresas do setor elétrico brasileiro tendem a apresentar um melhor retorno sobre o capital investido. Com base neste ponto em específico, e em estudos anteriores, os indicadores financeiros a serem utilizados durante as análises dos demonstrativos financeiros das empresas do SEB listadas na BM&F BOVESPA encontram-se mostrados no Quadro 1 (ASSAF, 2012).

Quadro 1 – Indicadores financeiros selecionados como variáveis a serem analisadas

Indicador	Fórmula	Indicador	Fórmula
Nível de Endividamento (NiE)	$\frac{\text{Capital de Terceiros}}{\text{Ativo Total}}$	Imobilização do Capital Próprio (ICP)	$\frac{\text{Ativo Permanente}}{\text{Patrimônio Líquido}}$
Retorno Sobre o Ativo (ROA)	$\frac{\text{Lucro Operacional}}{\text{Ativo Total}}$	Retorno Sobre Patrimônio Líquido (ROE)	$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Patrimônio Líquido}}$
Índice de Receitas Financeiras (IFR)	$\frac{\text{Receita Financeira}}{1.000.000}$		

Fonte: Adaptado de Assaf (2010).

2.2 Eficiência medida a partir da Análise Envoltória de Dados

Em termos contábeis, o conceito de eficiência possui uma abordagem distinta do que comumente encontrado nas demais ciências. Na literatura contábil, eficiência está relacionada com a melhor utilização de recursos frente a quantidade produzida, podendo ser traduzida como a relação entre produtos e insumos, ou seja, *outputs* e *inputs* (NAKAGAWA, 1987).

Neste sentido, este trabalho utilizará os conceitos de eficiência econômica assim como aqueles utilizados no estudo de Milani (2009), como sendo esta eficiência o “[...] grau de utilização de recursos escassos para se produzir alguma coisa.” (MILANI et al., 2009, p.64). Contudo, a eficiência econômica pode originar dois tipos de eficiência distintas: eficiência produtiva, sendo a capacidade de produzir-se mais com uma mesma quantidade de insumos, ou produzir-se a mesma quantidade com uma menor quantidade de insumos; eficiência alocativa (econômica) a qual considera valores monetários, estando relacionada a alocação ótima de recursos em relação aos preços vigentes, ou seja, da melhor utilização de recursos financeiros, visando-se maximizar a receita e minimizar os custos produtivos (BELLONI, 2000).

Tendo-se em vista o intuito desta pesquisa exploratória de traçar um *benchmarking* da eficiência econômica (alocativa) das empresas do setor elétrico brasileiro, torna-se imprescindível que os resultados obtidos da análise de cada

empresa de forma individual sejam comparados com os resultados de seus pares do setor, resultando-se em uma eficiência relativa, sendo possível projetar quais das empresas do setor disponíveis na BM&F Bovespa são as mais competitivas e eficientes em termos econômico-financeiros.

Dentre as diferentes técnicas utilizadas para a medição da eficiência a partir de múltiplos insumos e produtos, tem-se na Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA) uma ferramenta que, segundo Sengpta e Sahoo (2006), supri a ineficiência que modelos paramétricos apresentam quando utilizados para avaliação de desempenho em que se torna necessário relacionar múltiplos insumos e produtos.

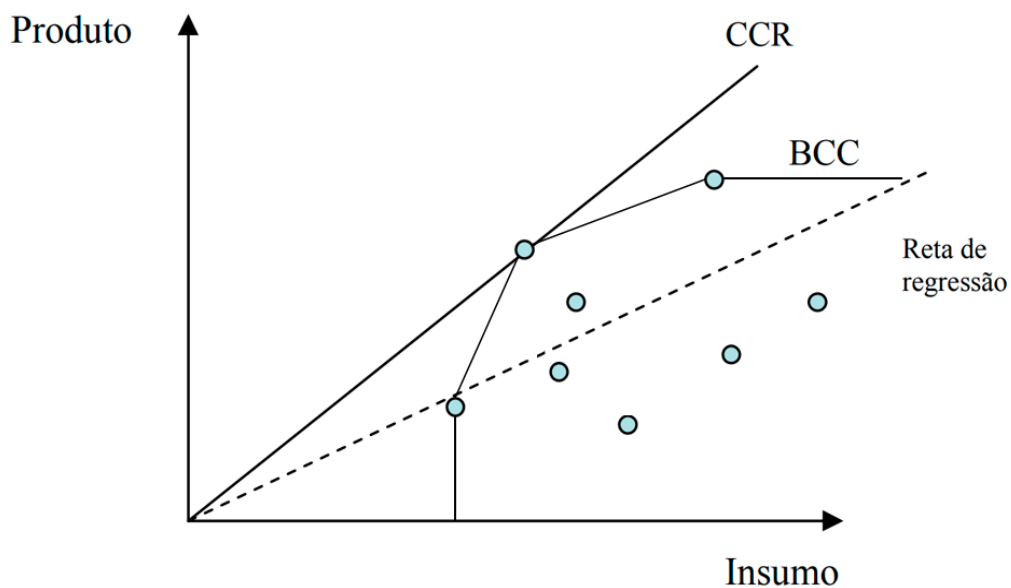
Desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a técnica tem como objetivo realizar uma análise comparativa de um certo número de unidades tomadoras de decisão (Decision Making Units – DMUs) a partir de múltiplos insumos e produtos (MILANI et al., 2009), as quais devem realizar atividades semelhantes e somente se diferenciarem entre si no que se diz respeito a quantidade de inputs consumidos e outputs gerados (LINZ; MEZA, 2000). Neste aspecto, a amostra de unidades tomadoras de decisão deve contemplar empresas de um mesmo grupo, durante um mesmo período (FREITAS et al., 2018) que, no caso desta pesquisa, tem-se como grupo todas as entidades listadas na BM&F Bovespa que fazem parte do setor elétrico brasileiro e, como período, os anos entre 2012 e 2018.

A DEA é por definição “[...]uma técnica não-paramétrica que constrói uma fronteira de produção eficiente e compara as diferentes DMUs pela distância em que se encontram dela, sendo que, quanto mais próxima a DMU se encontra da fronteira, mais eficiente ela é em relação às demais unidades.”(MILANI et al., 2009, p.68). Existem dois modelos básicos da metodologia DEA: o modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) ou CRS (Constant Returns to Scale), considera que os retornos de escala são constantes, ou seja, que um aumento no input gera um aumento proporcional no output; e o modelo BBC (Banker, Charnes e Cooper, 1984) ou VRS (Variable Return to Scale – VRS), o qual parte do pressuposto de que inputs e outputs não variam de forma proporcionalmente constantes como no modelo CCR, tendo-se um retorno variável de escala.

Neste sentido, torna-se possível a realização de análises de empresas de um mesmo setor que não apresentam necessariamente o mesmo tamanho através do modelo BCC (VRS), o qual isola a influência da escala da DMU durante o cálculo da eficiência de cada unidade, possibilitando a obtenção de um *ranking* das empresas mais eficientes deste setor, sem a necessidade de realizar um agrupamento de acordo com o tamanho destas unidades em *clusters*. Por esta razão, este estudo em questão irá utilizar o modelo DEA-VRS durante suas análises, sendo este o modelo mais aplicável quando o tamanho das unidades sob análise são homogêneas entre si (MACEDO; RIBEIRO, 2011).

No Gráfico 1 é possível observar esta diferença entre a fronteira calculada através dois tipos de modelos básicos da metodologia DEA, assim como a diferença destes dois modelos com a reta de regressão linear, conforme proposto por Cooper (2007).

Figura 1 – Gráfico comparativo entre os modelos de DEA CCR e BCC e com o modelo de regressão linear



Fonte: Adaptado de Cooper (2007).

Para a análise DEA, é possível notar que ambos os modelos (CCR e BCC) apresentam um ponto em comum (unidade tomadora de decisão comum) e também que o modelo BCC contempla um número maior de unidades dentre aquelas consideradas eficientes.

Além destes dois modelos, a DEA também pode ser dividida de acordo com a sua orientação, podendo esta ser orientada ao *input* (redução dos insumos) ou sendo ao *output* (aumento dos produtos).

Dada a natureza do setor elétrico e as variáveis a serem analisadas nesta pesquisa exploratória presentes no Quadro 1, dentre as quais o Nível de Endividamento (NiE) e o Imobilização do Capital Próprio (ICP) são os inputs, o modelo DEA-BCC a ser utilizado nesta pesquisa possui orientação ao *output*, ou seja, deseja-se analisar quais unidades obtiveram um melhor resultado com base em uma minimização de seus insumos, e está representado a seguir (KASSAI, 2002):

$$\begin{aligned}
 &\text{Minimizar } h_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik}, \\
 &\text{sujeito a} \\
 &\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (1) \\
 &\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1 \\
 &u_r, v_i \geq 0 \\
 &y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos} \\
 &r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

Assim, portanto, que cada uma das DMUs terá sua eficiência retratada em uma faixa que varia de 0 a 100% (ou de 0 a 1), com as unidades que possuem eficiência inferior sendo relativamente ineficientes e, aquelas cujo escore de eficiência é igual a 100%, são as que encontram-se na posição de *benchmarking*, consideradas eficientes, e que compõem a fronteira de eficiência para as demais DMUs analisadas (MACEDO; CASA NOVA; ALMEIDA, 2009).

2.3 Estudos anteriores

Embora seja uma metodologia relativamente recente, a utilização da DEA para avaliação da eficiência de determinadas organizações através de indicadores contábil-financeiros no ambiente acadêmico possui diversas pesquisas, tanto em âmbito internacional (ZHU, 2000; RHODES, 1978; SMITH, 1990; SIMAK, 1997) quanto em âmbito nacional (KASSAI, 2002; MACEDO, 2009; MILANI, 2001; SOUZA, 2010; CORRAR, 2012).

Dentro os estudos nacionais na área, destaca-se o de Kassai (2002) pois, além de apresentar uma complexidade e um excelente detalhamento da obtenção da eficiência através da utilização de DEA em análises de balanços, é um dos primeiros estudos brasileiros na área sendo que, no ano em que o artigo foi publicado, apenas alguns estudos internacionais eram tidos como referências no assunto como, por exemplo, o estudo de Fernandez-Castro e Smith (1994). Com base neste e em outros estudos, a autora foi uma das precursoras na utilização DEA para indicadores e informações contábeis provenientes de balanços, tendo também como escopo de análises a avaliação de empresas do setor elétrico brasileiro, assim como este estudo em questão.

Diversos outros estudos na área voltados para análise da eficiência no setor elétrico foram realizados após o artigo de Kassai (2002). Contudo, a maioria dos estudos em questão são voltados à eficiência técnica relativa das empresas de energia elétrica brasileiras e, muitas vezes, são direcionados para análise apenas das empresas de distribuição elétrica, como nos estudos de Pessanha et al (2010), Rempel et al. (2017) e Lopes et al (2016).

Nota-se que existe predominância de estudos que visam obter a eficiência técnica de empresas do sistema elétrico brasileiro, em especial as de distribuição de energia, e que existe uma predominância dos custos e despesas sendo utilizados como *inputs*; e a quantidade de energia, assim como o consumo de energia e a extensão da rede sendo utilizados como *outputs* (Quadro 2); e, no caso dos estudos que possuem como enfoque a análise de aspectos financeiros, observam-se como insumos as variáveis de investimentos, endividamentos e ativos e, tem-se como produtos gerados receita e riqueza gerada, como é possível observar no Quadro 3.

Quadro 2 – Principais variáveis do DEA utilizadas nos estudos sobre a eficiência técnica no setor elétrico brasileiro

Autores	Título	Inputs	Outputs
Pessanha et al. (2010)	Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela Aneel	- Custos operacionais;	- Capacidade de transformação; - Comprimento da rede; - Quantidade de trafos; - Quantidade de módulos;
Souza, Souza e Pessanha (2010)	Custos operacionais eficientes das distribuidoras de energia elétrica: um estudo comparativo dos modelos DEA e SFA	- Custos operacionais;	- Quantidade de energia distribuída; - Total de unidades consumidoras atendidas; - Comprimento Total da Rede de Distribuição;
Andrade e Sant'Anna (2011)	Análise da evolução da eficiência de empresas de transmissão de energia elétrica.	- Custo total atualizado (OPEX);	- Comprimento Total da Rede; - Capacidade de transformação; - Quantidade de transformadores; - Quantidade de módulos
Pinheiro (2012)	Regulação por incentivo à qualidade: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil	- Custos operacionais; - Despesas operacionais; - Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora; - Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora;	- Número Total de Unidades Consumidas; - Energia Total Distribuída; - Comprimento Total da Rede de Distribuição (Km)
Lopes (2016)	Análise da eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem DEA	- Potência instalada; - Extensão da rede; - Número de empregados;	- DGC; - TMS; - Energia elétrica consumida; - Densidade demográfica;

Fonte: Autores

Quadro 3 – Principais variáveis do DEA utilizadas nos estudos sobre a eficiência alocativa no setor elétrico brasileiro

Autores	Título	Inputs	Outputs
Santana, Périco e Rebellato (2006)	Responsabilidade socioambiental e valor da empresa: uma análise por envoltória de dados em empresas distribuidoras de energia elétrica	- Ativo Total; - Mão de obra; - Investimentos socioambientais.	- Faturamento da empresa
Macedo e Ribeiro (2011)	Medindo Desempenho multicriterial no setor brasileiro de distribuição de energia elétrica: uma análise apoiada em DEA para os anos de 2007 e 2008	Modelo 01: - Endividamento Oneroso (EnO); - Imobilização dos Recursos não correntes (IRNC); - Necessidade de Investimento em capital de giro sobre o Ativo Total (NIG/AT)	Modelo 01: - Retorno sobre o PL (RSPL); - Retorno sobre o Ativo (RSA)
Macedo, Corrar e Siqueira (2012)	Análise comparativa do desempenho contábil- financeiro de empresas socioambientalmente responsáveis no Brasil	- Endividamento de longo prazo (ENDLP); - Investimento no Imobilizado (IMB)	- Riqueza criada dividida pelo total do ativo (RC/AT); - Riqueza criada dividida pelas vendas (RC/V); - Riqueza criada dividida pelo PL ajustado (RC/PLaj); - Giro; - Liquidez Corrente (LC)
Carvalho, Boente, Steppan e Mól (2014)	Eficiência econômico-financeira do setor de energia elétrica brasileiro nos anos 2010 e 2011	- Nível de Endividamento (NiE); - Imobilização do Capital Próprio (ICP)	- Retorno sobre o Ativo (RSA); - Retorno sobre o Patrimônio Líquido (RSPL); - Índice de Receitas Finceiras (IRF)

Fonte: Autores

Dado o enfoque deste estudo de medir a eficiência das empresas do SEB sob a perspectiva dos investidores, sendo uma continuação do trabalho realizado por Carvalho et al. (2014), as variáveis a serem analisadas como *inputs* e *outputs* serão as mesmas do trabalho de Carvalho et al. (2014), o qual por sua vez utilizou-se de estudos prévios de Macedo e Ribeiro (2011) e Macedo, Corrar e Siqueira (2012), assim como utilizou-se de parte da teoria financeira disponibilizada por Assaf Neto (2012).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa teve como base o estudo elaborado por Carvalho et al. (2014), tendo como procedimentos deste atual estudo uma pesquisa bibliográfica e documental, visto que utilizou-se como principais fontes autores que dão suporte ao tema central deste estudo e, por conta de ser uma continuação do estudo de Carvalho et al. (2014), com uma abertura maior na análise, com um tratamento analítico nestes materiais anteriores, caracteriza esta pesquisa como também sendo documental (GIL, 1999).

No que se diz respeito aos objetivos, esta pesquisa é considerada descritiva, visando estabelecer relações entre as diversas variáveis, através de análises, classificações e interpretações dos dados, a fim de formular hipóteses para estudos posteriores sem que, contudo, esgotem-se as possibilidades de pesquisas futuras (KASSAI, 2012).

Trata-se de um estudo predominantemente quantitativo, utilizando-se de metodologias estatísticas, visando-se garantir a precisão dos resultados a serem obtidos e também evitar possíveis distorções, centrada na objetividade, com o intuito de compreender o comportamento que uma determinada população possui (BEUREN, 2008).

Neste sentido, foi estabelecida a relação entre *inputs* (Nível de Endividamento e Imobilização do Capital Próprio) e *outputs* (Retorno sobre o Ativo, Retorno sobre o Patrimônio Líquido e Índice de Receitas Financeiras), assim como uma confrontação dos dados obtidos oriundos das análises resultantes da metodologia DEA, com os setores de atuação de cada uma das empresas do setor

elétrico brasileiro (geração, transmissão e distribuição), e também a região geográfica de atuação de cada uma destas entidades (norte, nordeste, sul, sudeste, centro-oeste).

3.1 Universo e amostra

A população desta pesquisa é composta por companhias abertas do setor elétrico brasileiro, negociadas na BM&FBOVESPA. Inicialmente, foram selecionadas 43 companhias distintas com auxílio do software de computador Thomson Reuters®, através da extração das empresas por meio da seleção quanto às suas classificações do setor de atuação (Thomson Reuters Business Classification – TRBC). A opção pela seleção das empresas através deste programa deve-se ao fato de que este é um dos programas mais utilizados no mundo no que se diz respeito à consultas de empresas listadas em bolsas de valores ao redor do mundo, com uma grande quantidade de dados, e grande confiabilidade destes.

Após uma primeira análise, na qual constatou-se a falta de dados a serem analisados por algumas empresas, a população resultante fora de 38 empresas. De forma análoga ao estudo de Carvalho et al. (2014) e de outros diversos estudos na área, todas as empresas que fazem parte do SEB e que possuíam consistência nas informações foram consideradas durante as análises, dado o viés desta pesquisa ser sob a perspectiva do investidor, considerando também, contudo, as *holdings* dentro da população analisada.

Tabela 1 – Distribuição das companhias de acordo com a atividade

ATIVIDADE DA COMPANHIA	Qtd.	%
Distribuição	10	26%
Geração	9	24%
Holding	6	16%
Distribuição e Geração	5	13%
Em todas as frentes	4	11%
Transmissão	3	8%
Transmissão e Geração	1	3%
TOTAL	38	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 1 representa a abertura realizada na amostra analisada. Para isso, foram consultados relatórios anuais do ano de 2018, extraídos do website da B3 de cada uma das empresas. O mesmo foi feito para obter as regiões geográficas de atuação de cada empresa presente na população analisada, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição das companhias de acordo com a região de atuação

REGIÃO DE ATUAÇÃO DA COMPANHIA	Qtd.	%
Norte	15	39%
Nordeste	24	63%
Centro-Oeste	18	47%
Sudeste	26	68%
Sul	19	50%
Atua em duas regiões	5	13%
Atua em três regiões	5	13%
Atua em mais de três regiões	13	34%
TOTAL	38	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a Tabela 2, nota-se que mais da metade das companhias analisadas (61%) atuam em duas ou mais regiões do país, sendo a região predominante de atuação a região Sudeste.

Portanto, a amostra final possui ao todo 38 empresas, analisadas com base em seus demonstrativos contábeis entre os anos de 2012 e 2018, assumindo-se como critérios de exclusão apenas a ausência ou inconsistência de dados, como no caso de empresas que apresentaram um Lucro Operacional/Líquido negativo, ou insuficiência de informações.

3.2 Coleta e tratamento de dados

Os demonstrativos financeiros anuais de cada empresa foram extraídos do terminal Thomson Reuters®, com o período de análise se estendendo de 01/01/2012 até 31/12/2018. A partir destes dados foram extraídos os indicadores financeiros utilizados para realização das análises, de forma individual por empresa e separado por ano, em planilha do Microsoft Excel®.

A escolha dos indicadores financeiros selecionados como variáveis de *input* e *output* tomam como parâmetros o estudo de Carvalho et al. (2014), Kassai (2002), assim como todo o referencial teórico presente no livro de Assaf (2012), e constam no Quadro 3. Por conta de ser uma continuação dos estudos realizados por Carvalho et al. (2014), a escolha destas “[...]variáveis é condizente com o objetivo do trabalho, que busca encontrar a eficiência econômico-financeira das empresas do setor elétrico com o enfoque no retorno para o acionista, sendo que parte das variáveis é semelhante às aquelas adotadas por Macedo e Ribeiro (2011) e Macedo, Corrar e Siqueira (2012) em seus trabalhos sobre a eficiência do setor elétrico.”(CARVALHO et al., 2014, p.15).

Segundo Banker et al. (1989), é recomendado que a quantidade de DMU's a ser analisada seja ao menos três vezes o número de variáveis (insumos e produtos) a ser utilizados na metodologia DEA. No caso deste estudo, nota-se que esta recomendação foi seguida, visto que, ao todo, tem-se 38 DMU's (quantidade de empresas a serem analisadas), versus cinco variáveis, presentes no Quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis selecionadas como outputs e inputs da modelagem DEA

	Variáveis	Descrição	Fórmula	Tipo do índice
INPUTS	Nível de Endividamento (NiE)	Expressa o quanto do Ativo da empresa está comprometido com dívidas de curto e longo prazo (Financiamentos, Empréstimos e Debêntures).	$\frac{\text{Capital de Terceiros (LTD)}}{\text{Ativo Total (AT)}}$	Quanto menor, melhor
	Imobilização do Capital Próprio (ICP)	Mede o quanto do Capital Próprio a empresa investiu no Ativo Permanente (Investimentos, Imobilizado, Intangível e Diferido)	$\frac{\text{Ativo Permanente (AP)}}{\text{Patrimônio Líquido (PL)}}$	Quanto menor, melhor
OUTPUTS	Retorno Sobre o Ativo (ROA)	Expressa quanto a empresa gera de Lucro Operacional (lucro antes do Imposto de Renda e Contribuição Social) em relação ao capital aplicado.	$\frac{\text{Lucro Operacional (LO)}}{\text{Ativo Total (AT)}}$	Quanto maior, melhor
	Retorno Sobre Patrimônio Líquido (ROE)	Mede a remuneração, lucro, dos acionistas obtida da empresa em relação ao investimento próprio realizado	$\frac{\text{Lucro Líquido (LL)}}{\text{Patrimônio Líquido (PL)}}$	Quanto maior, melhor
	Índice de Receitas Financeiras (IFR)	Medida que expressa em forma de índice as Receitas Financeiras obtidas pela empresa dividida por 1 milhão, a fim de manter a compatibilidade com as demais variáveis.	$\frac{\text{Receitas Financeiras (RF)}}{1.000.000}$	Quanto maior, melhor

Fonte: Elaborado a partir de Assaf Neto (2010); Macedo e Ribeiro (2011); Macedo, Corrar e Siqueira (2012); e Carvalho et al. (2014).

Os indicadores financeiros foram compilados em uma planilha Excel em seguida foram submetidos à uma primeira análise através da modelagem DEA, por meio do software estatístico STATA®, sendo o modelo aplicado o BCC, com orientação para o output.

Após esta primeira análise, foram obtidos os resultados no que concerne a eficiência econômica de cada uma das unidades analisadas, de forma anual. Afim de analisar a eficiência durante todo o período de 8 anos analisados, realizou-se uma média da eficiência obtida anualmente, assim como o desvio padrão destes resultados, em uma planilha Excel. Por conta desta média realizada, a escala ordinal de eficiência não terá como máxima uma eficiência de 100%, mas sim variando de acordo com as médias obtidas em cada uma das unidades analisadas.

Por fim, mais uma abertura foi realizada, a qual considerou a razão entre a média obtida, e o desvio padrão dos resultados anuais, a fim de constatar e classificar a unidade de acordo com a sua volatilidade apresentada.

Em seguida, através da abertura por setor de atuação e por região geográfica de atuação, realizou-se uma segunda análise, considerando-se os resultados oriundos da primeira análise. Esta segunda análise consiste em uma regressão linear realizada no software Excel.

O intuito desta segunda análise fora de verificação da correlação entre tanto setor de atuação, quanto a região geográfica de cada unidade frente a média da sua eficiência econômica obtida durante um período total de oito anos através da análise DEA, afim de constatar se existe correlação entre os setores de atuação de uma unidade e a sua eficiência econômica, assim como se existe correlação entre a região geográfica de atuação de uma unidade e sua eficiência econômica obtida durante a primeira análise.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após um filtro considerando apenas insuficiência e inconsistência de dados, da amostra total de 43 empresas obtidas através do software Thomson Reuters®, restaram, ao todo, 38 unidades a serem analisadas de forma anual. Através do modelo DEA com retorno variável de escala – BCC, foi possível a obtenção de dados que consideravam que acréscimos nas variáveis de *input*, não iriam resultar necessariamente em decréscimos proporcionas nos índices de rentabilidade (*output*).

Com isso, foi possível isolar do resultado o tamanho de cada uma das unidades analisadas, não sendo necessário o agrupamento das empresas em subgrupos, de acordo com os seus tamanhos. Na Tabela 3, é possível observar quais as empresas que melhor performaram em relação às suas eficiências econômicas frente aos seus concorrentes, durante o período entre 2012 e 2018, classificadas em ordem de maior média de eficiência obtida durante este período em questão.

Tabela 3 – Ranking da eficiência econômica das empresas listadas na BM&F Bovespa do SEB

DMUs	Média	MED/DESV	Máximo	Mínimo	Ranking
NEOENERGIA	87,28%	4,20	100,00%	45,55%	1º
ELEKTROBRAS	87,13%	3,43	100,00%	26,41%	2º
ALUPAR	86,85%	2,70	100,00%	7,96%	3º
TAESA	79,92%	2,40	100,00%	7,87%	4º
AFLUENTE T	75,13%	2,26	100,00%	5,79%	5º
CESP	71,11%	2,08	100,00%	16,59%	6º
ENGIE	57,60%	1,76	100,00%	4,80%	7º
REDE	51,62%	1,22	100,00%	3,93%	8º
AES TIETE	50,14%	1,74	90,55%	1,80%	9º
ISA CTEEP	50,02%	1,39	100,00%	2,40%	10º
COSERN	48,36%	1,58	95,66%	2,23%	11º
CEEE GT	44,47%	1,24	100,00%	0,88%	12º
CEED	44,00%	0,91	100,00%	1,18%	13º
CEMAR	43,26%	1,96	80,80%	2,88%	14º
CELPA	42,80%	1,22	100,00%	1,35%	15º
EQUATORIAL ENERGIA	42,77%	1,70	90,36%	1,85%	16º
CEMIG	42,47%	1,34	100,00%	8,05%	17º
CELPE	40,16%	1,39	100,00%	0,11%	18º
RIO PARANAPANEMA	40,12%	1,74	69,43%	1,40%	19º
ENERGISA	37,88%	1,26	100,00%	2,81%	20º
EMAE	36,90%	1,20	100,00%	5,65%	21º
AMPLA	35,44%	0,97	100,00%	0,44%	22º
CELESC	33,26%	0,99	100,00%	1,12%	23º
ELEKTRO	32,71%	1,48	66,16%	2,31%	24º
LIGHT	31,72%	0,93	100,00%	1,37%	25º
COELBA	28,85%	1,27	79,20%	1,18%	26º
EDP	28,51%	1,96	51,30%	2,42%	27º
COELCE	28,03%	1,59	60,40%	1,14%	28º
CEB	27,72%	0,82	100,00%	0,26%	29º
CPFL	26,49%	1,64	51,72%	3,59%	30º
COPEL	26,46%	1,27	73,32%	2,12%	31º
RENOVA	25,11%	0,75	100,00%	2,59%	32º
ENEVA	20,24%	0,61	100,00%	1,31%	33º
ELETROPOL	18,80%	0,89	57,86%	1,58%	34º
OMEGA	14,39%	1,01	34,83%	0,37%	35º
CEMAT	11,56%	1,84	23,71%	4,16%	36º
CPFL RENOVAVEIS	5,25%	0,94	16,08%	0,25%	37º
STATKRAFT RENOVAVEIS	2,64%	1,19	7,88%	0,48%	38º

Fonte: Dados da pesquisa.

A coluna *Máximo* representa o melhor resultado da unidade durante os 7 anos analisados, assim como a coluna *Mínimo* representa o pior ano da companhia durante o período em relação à sua eficiência econômica. A razão entre média e desvio padrão trás o ganho por volatilidade, sendo um indicador do tipo quanto maior, melhor.

Embora não seja possível traçar uma fronteira de eficiência com o escore máximo igual a 100%, é possível constatar que três empresas estão presentes nesta fronteira, sendo estas: NEOENERGIA; ALUPAR; ELETROBRAS. Por conta de um intervalo longo, pode-se considerar que outras duas empresas também como eficiente, por conta destas terem apresentado ao menos quatro anos de escores iguais a 100% e também, em média, um resultado superior a 70% de eficiência, sendo estas: TAESA e AFLUENTE T (Anexo B).

As empresas que apresentaram as piores médias durante o período analisado, também não conseguiram apresentar ao menos um ano com escore igual a 100%, podendo estas serem classificadas, para este estudo, como as cinco empresas que apresentaram os piores resultados de eficiência econômica entre os anos de 2012 e 2018, sobre a ótica do investidor. São essas: ELETROPAULO; OMEGA; ENERGISA MT; CPFL RENOVÁVEIS; STATKRAFT RENOVAVEIS (Anexo B).

4.1 Análise das DMUs eficientes

Ao analisar as cinco unidades que apresentaram as maiores médias de eficiência econômica durante o período analisado de forma individual, constatou-se alguns dados relevantes para este presente estudo como: setor de atuação, tendo três dentre as cinco unidades com maiores médias atuando como holding, e as outras duas atuando na frente de transmissão de energia; apenas duas dentre as cinco unidades apresentação participação do governo em sua composição acionária.

Os estudos na área costumam descartar de suas análises as *holdings* da amostra analisada. Contudo, dado o viés desta pesquisa ser sob a perspectiva do

investidor, estas não foram descartadas, e podem ser utilizadas com bons indicativos para futuros estudos na área.

Em relação a estudos que analisam a participação do governo na composição acionária das empresas do setor de energia elétrica brasileiro, destaca-se o de Bastos et al. (2018), sendo este um dos mais recentes na área. Embora focado apenas a eficiência relativa sob o aspecto econômico-financeiro das empresas distribuidoras de energia elétrica, após analisar 32 empresas através da mesma metodologia adotada neste presente estudo, foi constatado que “[...] a abertura de capital não é um fator determinante para alcançar a eficiência econômico financeira das companhias.” (BASTOS et al., 2018, p.130).

Outro fato relevante destas empresas é que estas, no geral, continuaram apresentando boas eficiências mesmo passando por momentos conturbados em termos macroeconômicos brasileiros. Após a Medida Provisória nº. 579/2012, a qual tinha por objetivo possibilitar uma redução do custo da energia elétrica para o consumidor brasileiro, acabou aumentando o risco no setor como um todo, e gerando desconfiança aos investidores (CARRAL et al, 2017).

Contudo, segundo dados obtidos no estudo de Carral et al. (2017), o setor mais impacto negativamente com a MP579/2012, foi o de geração de energia elétrica. Dentre as empresas que compõem o ranking das cinco empresas mais eficientes em termos econômicos (eficiência alocativa), após análise de relatórios de sustentabilidade destas empresas, verificou-se que apenas a ELETROBRAS dentre as holdings apresenta grande parcela de sua receita proveniente da geração de energia, não sendo possível obter conclusões precisas sobre o impacto desta medida sobre a empresa em questão.

A Tabela 4 apresenta a eficiência destas cinco empresas, com as aberturas anuais das eficiências obtidas durante o período de análise entre 2012 e 2018 e o setor de atuação destas.

Tabela 4 – Abertura por período das cinco empresas que apresentaram maiores médias de eficiência econômica

Ano	Atuação	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
NEOENERGIA	Holding	45,55%	100,00%	65,40%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
ELETROBRAS	Holding	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	83,49%	100,00%	26,41%
ALUPAR	Holding	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	7,96%
TAESA	Transmissão	100,00%	97,48%	54,11%	100,00%	100,00%	100,00%	7,87%
AFLUENTE T	Transmissão	100,00%	100,00%	100,00%	56,61%	63,48%	100,00%	5,79%

Fonte: Dados da pesquisa

4.2 Análise das DMUs menos eficientes

Ao analisarmos a Tabela 5, notamos que existe uma predominância de empresas atuantes no setor de geração de energia elétrica dentre as empresas que apresentaram as menores médias de eficiência econômica durante o período vigente. Embora não seja um dado conclusivo, pode-se considerar como um bom indicativo que este setor em específico sofreu maiores impactos com a MP579/2019, conforme constatado no estudo de Carral et al. (2017).

Outro fato relevante constatado após análise da Tabela 5 é a parcela desta população atuante com a geração de energia elétrica através de fontes alternativas, como no caso da OMEGA, que possui grande atuação na frente de geração eólica, assim como a CPFL RENOVÁVEIS E A STATKRAFT RENOVAVEIS, podendo este dado estar relacionado a elevados grau de imobilização do capital próprio (ICP) nestas empresas e, conseqüentemente, podendo esta constatação ser fonte para futuros estudos.

Tabela 5 – Abertura por período das cinco empresas que apresentaram menores médias de eficiência econômica

Ano	Atuação	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ELETROPAULO	Distribuição	45,61%	57,86%	7,59%	3,48%	8,52%	7,00%	1,58%
OMEGA	Geração	1,74%	0,86%	27,26%	6,33%	29,33%	34,83%	0,37%
CEMAT	Distribuição	13,14%	23,71%	8,42%	4,65%	15,30%	11,54%	4,16%
CPFL RENOVAVEIS	Geração	2,48%	0,59%	1,11%	0,25%	10,72%	16,08%	5,53%
STATKRAFT RENOVAVEIS	Geração	0,48%	2,09%	2,18%	1,56%	1,88%	7,88%	2,41%

Fonte: Dados da pesquisa

4.3 Análise das correlações

Após a realização de uma regressão linear presente no software Excel, foram obtidos os resultados presentes na Tabela 6 e na Tabela 7. Analisando primeiramente a Tabela 6, nota-se que o coeficiente de determinação r^2 ajustado apresentou um valor inferior a 5%, sinalizando que os fatores analisados não possuem correlações com a eficiência econômica de uma determinada empresa.

Tabela 6 – Resultados obtidos com a regressão linear realizada através da regressão linear no software Excel

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,504216432
R-Quadrado	0,25423421
R-quadrado ajustado	0,048505716
Erro padrão	0,211801573
Observações	38

Fonte: Dados da Pesquisa

Com base nos estudos de Gardner et al. (1986), os dados obtidos para o *valor-P* de cada uma das variáveis analisadas como possíveis influenciadores da eficiência econômica de uma empresa também não indicaram resultados significativos para uma correlação entre estas variáveis e a eficiência econômica de uma empresa.

Para que seja constatado uma significativa correlação, é necessário que este *valor-P* seja inferior a 5% (GARDNER et al., 1986).

No caso dos resultados obtidos nesta pesquisa, o único valor que apresentou-se como significativo para uma possível correlação entre este e a eficiência econômica da unidade foi o setor de atuação de transmissão de energia, no qual o *valor-P* obtido foi de 9,20%, sendo este percentual classificado como fracamente correlacionado com a ineficiência econômica de uma empresa.

O fato de a empresa possuir atuação na região Norte do país também indicou uma propensão a ineficiência econômica da empresa, mas, por conta do *valor-P* encontrado ter sido mais de cinco vezes o percentual tido como referência (5%), não é possível constatar esta afirmação de forma veementemente.

Tabela 7 – Resultados obtidos com a regressão linear realizada através da regressão linear no software Excel

	Coeficientes	Erro padrão	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	0,37	0,11	0,00	0,16	0,59	0,16	0,59
Distribuição	-0,09	0,08	0,25	-0,25	0,07	-0,25	0,07
Geração	0,03	0,08	0,66	-0,12	0,19	-0,12	0,19
Transmissão	0,15	0,08	0,09	-0,03	0,32	-0,03	0,32
Norte	0,15	0,10	0,16	-0,06	0,37	-0,06	0,37
Nordeste	-0,04	0,09	0,68	-0,21	0,14	-0,21	0,14
Centro Oeste	-0,02	0,10	0,85	-0,23	0,19	-0,23	0,19
Sul	-0,05	0,10	0,64	-0,25	0,16	-0,25	0,16
Suldeste	0,01	0,09	0,92	-0,18	0,20	-0,18	0,20

Fonte: Dados da Pesquisa

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir, portanto, que não foi constatada uma correlação entre o setor de atuação da companhia e a sua eficiência econômica; assim como uma correlação entre a sua região geográfica de atuação e a sua eficiência econômica. A variável mais próxima de influenciar na eficiência de uma empresa é o setor de atuação de transmissão de energia, possuindo este uma correlação negativa com a eficiência econômica da companhia.

Contudo, ao analisarmos o topo e o fundo do ranking da população analisada de acordo com a média de suas eficiências durante o período analisado,

nota-se que duas empresas presentes no topo do ranking atuam predominantemente no setor de transmissão de energia elétrica e, ao analisarmos o fundo deste ranking, nenhuma das empresas presentes no final deste ranking atua nesta frente de transmissão de energia.

Analisando o resultado da modelagem DEA de forma isolada, nota-se que existe uma predominância de empresas do setor de geração nas últimas posições deste ranking. Este fato pode estar diretamente relacionado com os impactos causados nesta frente do setor pela MP579, conforme constatado no estudo de Carral et al. (2017).

Por conta de uma análise temporal com um intervalo maior, é possível detectar as inferências do cenário macroeconômico sobre o desempenho das companhias. Assim, a utilização de uma média da eficiência anual obtida para cada uma das unidades analisadas consegue entregar um resultado que sofra impacto direto do cenário no qual a companhia está inserida.

Neste sentido, as empresas que apresentaram as maiores médias apresentaram-se consistentes independente do cenário macroeconômico. A média sobre o desvio padrão também é um excelente indicativo, indicando a relação de ganho por volatilidade apresentado pela companhia analisada.

Um fato relevante constatado neste estudo foi que, de modo geral, as empresas classificadas como *holdings*, apresentaram boas eficiências econômicas e de forma consistente, podendo ser este um bom pretexto para futuros estudos na área, visto que é comum em estudos que analisam as empresas deste setor descartarem de suas amostras as *holdings*.

5 CONCLUSÃO

O Setor de Energia Elétrica no Brasil possui uma grande importância econômica e social para o país, e sofreu diversas transformações ao longo dos anos, podendo-se enfatizar a alteração entre períodos de gestão pública e privada. A ineficiência técnica e alocativa do Estado frente a uma demanda crescente no final dos anos 90 fez com que fossem necessárias outras formas de capitalizar empresas deste setor para suprir esta demanda.

Empresas deste setor demandam altas quantias de capital para realização de construções e instalações, visando conseguir atender a demanda de energia solicitadas por seus clientes. Para que a empresa consiga seguir capitando dinheiro, é necessário que o capital investido por parte dos acionistas seja bem valorizado.

Por conta de ser um setor altamente competitivo, torna-se necessário que mais estudos na área sejam realizados, voltados a análise destas empresas sob a ótica do investidor, afim de auxiliá-lo em sua tomada de decisão, dado um cenário de grande concorrência e poucos estudos voltados a análises de eficiência econômica deste setor, mas sim estudos que analisam a eficiência técnica das empresas que compõem o SEB.

Partindo deste propósito, e dando prosseguimento aos estudos de Carvalho et al (2014) visando continuar buscando preencher esta lacuna na literatura, este estudo analisou a eficiência econômica de 38 empresas do setor de energia elétrica brasileiro, através da Análise Envoltória de Dados (DEA), em seu modelo que permite retornos variáveis de escala (VRS), com orientação ao *output*.

Das 38 empresas analisadas, 5 foram classificadas como eficientes, sendo estas: NEOENERGIA, ELETROBRAS, ALUPAR, TAESA E AFLUENTE T. Por conta de uma análise que apresentou uma maior série temporal de dados, adotou-se como eficientes empresas que apresentaram ao menos quatro anos de escores iguais a 100% de eficiência, e estruturando estas através de um ranking de acordo com a média de suas eficiências anuais durante o período entre 2012 e 2018.

Como segundo objetivo desta pesquisa de verificar se existe correlação entre o setor de atuação da companhia com a sua eficiência financeira; assim como se esta correlação também é verdadeira quando confrontada a eficiência financeira e a região geográfica da companhia, após uma regressão realizada no *software* Excel, constatou-se que, em ambas as indagações, a afirmativa é falsa, sendo estas variáveis pouco determinantes para a eficiência econômica das empresas do SEB listadas na BM&F balcão.

Deve-se considerar que, o fato de não ter sido constatado uma correlação entre as variáveis analisadas e a eficiência econômica de uma empresa do setor, pode

ser relevante para futuro estudos na área, com análises voltadas à tanto composição acionária destas empresas, quanto gestão destas companhias.

Outro fator relevante identificado neste estudo foi o impacto macroeconômico oriundo de um período volátil no setor. Conforme cita Carvalho et al. (2014), uma maior amostra temporal possibilita verificar a influência dos fatores macroeconômicos no desempenho das companhias e, com base nos resultados obtidos neste presente estudo e com os dados levantados no estudo de Carral et al. (2017), foi possível constatar um maior número de empresas ineficientes atuantes no setor de geração de energia elétrica, podendo este resultado estar associado diretamente com a MP579 e seus impactos no setor.

Contudo, muitas destas empresas de geração de energia elétrica que registraram os menores escores de eficiência econômica durante o período analisado possuem como propriedade em comum a geração de energia através de fontes alternativas, como eólica e solar, por exemplo. Por conta de serem tecnologias recentes, estas ineficiências constatadas podem estar relacionadas à elevadas necessidades de capital investido, podendo estas empresas também serem fontes de futuras pesquisas na área.

Levando-se em conta que este estudo tem como objetivo trazer a eficiência econômica sob a perspectiva do investidor, recomenda-se que novos estudos na área, dado que tem-se no Brasil hoje uma parcela inferior a 1% de pessoas físicas que alocam capital em empresas via mercado mobiliário (BM&F BOVESPA, 2019), e trata-se de um setor que deve ser tipo como eficiente a fim de construir-se uma economia consistente no país, o qual ainda é tipo como mercado emergente e que, para isso, necessita de um alta quantia de capital.

Como sugestão, recomenda-se a alterações das variáveis de *input* e *output* utilizadas nesta pesquisa, através da substituição desta por outros indicadores financeiros. Deve-se considerar que esta pesquisa apresenta resultados relativos, logo, estes não devem ser analisados de forma absoluta, não podendo ser utilizados como base comparativa com empresas de outros setores.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACCOUNTING ASSOCIATION. A Statement of Basic Accounting Theory - ASOBAT. **American Accounting Association**, 1966.

ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e Análise de Balanços**: um enfoque econômico-financeiro. 10 ed. São Paulo; Atlas, 2012.

BAIMA, F. R. **Estratégia e desempenho de investimentos dos fundos de pensão no Brasil**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção , Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BANKER, Rajiv; CHARNES, Abraham; COOPER, Willian, SWARTS, J.; THOMAS, D. An introduction to Data Envelopment Analysis with some of its models and their uses. **Research in Governmental and Non-Profit Accounting**, v. 5, p. 125-163. 1989.

BASTOS, Chelida; CORREA, Denise; ALVES, Ana; CAVALCANTE, Sueli; RODRIGUES, Ana. A eficiência relativa das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: SEMEAD, 2018.

BERS - **Balanço Energético do Rio Grande do Sul de 2010**: ano base 2009. Gilberto José Capeletto e Gustavo Humberto Zanchi de Moura. POA, Grupo CEEE/Secretaria de infraestrutura e logística do Rio Grande do Sul, 2010. 240p

BEUREN, Ilse Maria; LONGARAY, André Andrade; RAUPP, Fabiano Maury; SOUSA, Marco Aurélio Batista de; COLAUTO, Romualdo Douglas; PORTON, Rosimere Alves de Bona. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3 ed., São Paulo: Atlas, 2008.

BRASIL. **Lei n. 8.987**, de 13 de Fevereiro de 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. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Brasília, DF, 14 fev. 1995, Seção 1, p. 1917.

BRASIL. **Lei n. 10.848**, de 15 de Março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Brasília, DF, 16 mar. 2004, Seção 1, p. 2.

BRASIL. **Lei n. 12.783**, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; e da outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Brasília, DF, 14 jan. 2013, Seção 1, p. 1.

CARRAL, Larissa; BERGMANN, Daniel; SILVA, Fabiana; PERIS, Renata; SAVOIA, José. Impacto da medida provisória nº. 579/2012 sobre o beta das empresas brasileiras do setor elétrico. **Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativo da FEA**, REDECA, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2017.

CARVALHO, F. P. L.; BOENTE, D. R.; STEPPAN, A. I. B.; MÓL, A. L. R. Eficiência econômico-financeira do setor de energia elétrica brasileiro nos anos 2010 e 2011. **Revista de Informação Contábil**, RIC, Recife, v. 8, n. 1, p. 1-27, 2014.

CATAPAN, Anderson; CATAPAN, Edílson A. Rentabilidade e endividamento do setor elétrico brasileiro: um enfoque sobre sustentabilidade organizacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2005, Fortaleza. **Anais Eletrônicos...** Fortaleza: ENEGEP, 2006.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS (CPC). Pronunciamento conceitual básico: estrutura conceitual para a elaboração e apresentação das demonstrações contábeis. 2008.

COOPER, William W et al. **Data envelopment analysis**: a comprehensive text with models, applications, references and DEA solver software. 2 ed. New York: Springer. 2007.

CORREA, Alex; TAFFAREL, Marines; RIBEIRO, Flávio; MENON, Gelson. Análise de Eficiência: Uma Comparação das Empresas Estatais e Privadas do Setor de Energia Elétrica Brasileiro. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis: v. 15, n. 46, p. 9-23, 2016.

FERNANDEZ-CASTRO, A.; SMITH, P. Towards a general non-parametric model of corporate performance. Omega – **International Journal of Management Science**, 22, 3, p. 237-249, 1994.

FINKLER, A., FINKLER, D., CASTRO, J. E MIKE, T., 2016, "Relação do crescimento econômico e consumo de energia elétrica". Seminário de Iniciação Científica da UNIJUÍ, Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil.

FREITAS, George Alberto; SILVA, Emanuela Mota; OLIVEIRA, Marcele Collares. CABRAL, Augusto César de Aquino; SANTOS, Sandra Maria. Governança corporativa e desempenho dos bancos listados na B3 em ambiente de crise econômica. Revista **Contabilidade, Gestão e Governança**. Brasília: v. 21, p. 100-119, 2018.

GARDNER, Martin; ALTMAN, Douglas. Confidence intervals rather than P values: estimation rather than hypothesis testing. **British Medical Journal**. London: v. 292(6522), p 50-746, 1986.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed, São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, Lawrence Jeffrey; MADURA, Jeff. **Introdução à Administração Financeira**. Tradução Maria Lucio G. L. Rosa. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Technology Perspectives**. OECD/IEA, Londres, 2018.

LINS, Marcos Pereira Estellita; MESA, Lídia Angulo. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000.

LOPES, Ana Lúcia M.; VILELA, Bruno A.; COSTA, Marcelo A.; LANZER, Edgar A. Critical evaluation of the efficient costs assessment model used in the regulation of Brazilian energy distribution service operator. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo: v. 16, n. 3, p. 5-30, 2016.

LORENZO, H. C. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro**. Tese (Programa de Pós Graduação em Sociologia) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.

MACEDO, Marcelo A. S.; BARBOSA, Ana C. T. A. M. Eficiência no sistema bancário brasileiro: uma análise do desempenho de bancos de varejo, atacado, middle-market e financiamento utilizando DEA. RIC - **Revista de Informação Contábil**, v. 3, n. 3, p. 1-24, jul/set. 2009.

MACEDO, Marcelo A. S.; CASA NOVA, Sílvia P. C.; ALMEIDA, Katia de. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da análise envoltória de dados (DEA) em estudos em

contabilidade e administração. **Revista Contabilidade, Gestão e Governança**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 87-101, set/dez. 2009.

MACEDO, Marcelo A. S.; CORRAR, Luiz J.; SIQUEIRA, José R. M. Análise comparativa do desempenho contábil-financeiro de empresas socioambientalmente responsáveis no Brasil. BASE - **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, p. 13-26, jan/mar. 2012.

MACEDO, Marcelo A. S.; RIBEIRO, Maitê G. C. Medindo Desempenho multicriterial no setor brasileiro de distribuição de energia elétrica: uma análise apoiada em DEA para os anos de 2007 e 2008. **Revista ABCustos**, v. 4, n. 2, mai/ago. 2011.

MARION, José Carlos. **Análise das Demonstrações Contábeis**: Contabilidade Empresarial. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MEDIDA PROVISÓRIA nº. 579, de 11 de setembro de 2012 (2012). Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais sobre a modicidade tarifária, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF.

MILANI FILHO, Marco A. F.; ROCHA, Welington. Avaliação de desempenho de organizações filantrópicas: uma abordagem quantitativa baseada na eficiência. In: CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 10., 2010, São Paulo. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: USP, 2010.

NAKAGAWA, Masayuki. **Estudo de alguns aspectos de controladoria que contribuem para a eficácia gerencial**. São Paulo, 1987. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 1987.

PESSANHA, José F.; MELLO, Marina, A. R. F.; BARROS, Mônica; SOUZA, Reinaldo 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**, Rio de Janeiro: v.30, n.3, p.521-545, 2010.

PINHEIRO, J. M.; GIAMBIAGI, F. Lucratividade, dividendos e investimentos das empresas estatais: uma contribuição para o debate sobre a privatização no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 51, n.1, 1997.

PINHEIRO, Thelma Maria Melo. **Regulação por incentivo à qualidade**: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

REMPEL, Cristiano; DIEHL, Carlos Alberto; MARTINS, Vanessa de Quadros; HANSEN, Peter Bent. Analysis of the relative technical efficiency of Brazilian electricity distribution companies: a DEA approach. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis: v. 14, n. 33, p. 33-54, 2017.

RHODES, E.L. **Data Envelopment Analysis and approaches for measuring the efficiency of decision making units with an application to program follow through in U.S. education**. Ph.D. Dissertation, Carnegie Mellon University, 1978.

SANTANA, Naja B.; PÉRICO, Ana E.; REBELATTO, Daisy A. N. Investimento em responsabilidade sócioambiental de empresas distribuidoras de energia elétrica: uma análise por envoltória de dados. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 4, p. 124–139, 2006.

SENGUPTA, Jati; SAHOO, Biresh. **Efficiency models in data envelopment analysis**: techniques of evaluation of productivity of firms in a growing economy. New York: Palgrave Macmillan, 2006.

SIMAK, Paul C. **DEA based analysis of corporate failure**. 1997. Thesis (Masters of Applied Science) – Graduate Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto. Toronto (Canadá): University of Toronto.

SMITH, P. Data Envelopment Analysis applied to financial statements. **Omega – International Journal of Management Science**, 18, 2, p. 131- 138, 1990.

SOUZA, Marcus V. P.; SOUZA, Reinaldo C.; PESSANHA, José F. M. Custos operacionais eficientes das distribuidoras de energia elétrica: um estudo comparativo dos modelos DEA e SFA. **Revista Gestão e Produção**, n. 4, v. 17, p. 653-667, 2010.

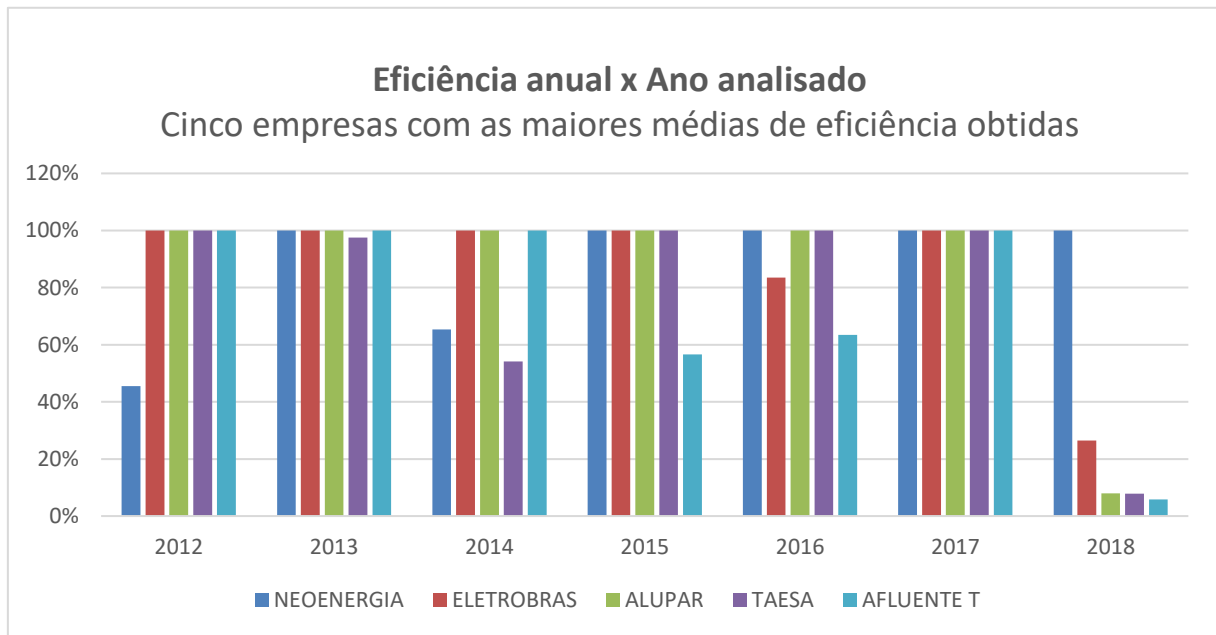
Zhu, J. (2000). Multi-factor Performance Measure Model with Application to Fortune 500 Companies. **European Journal of Operational Research**, 123(1), 105-124

ANEXO A – Empresas do Setor Elétrico Brasileiro analisadas

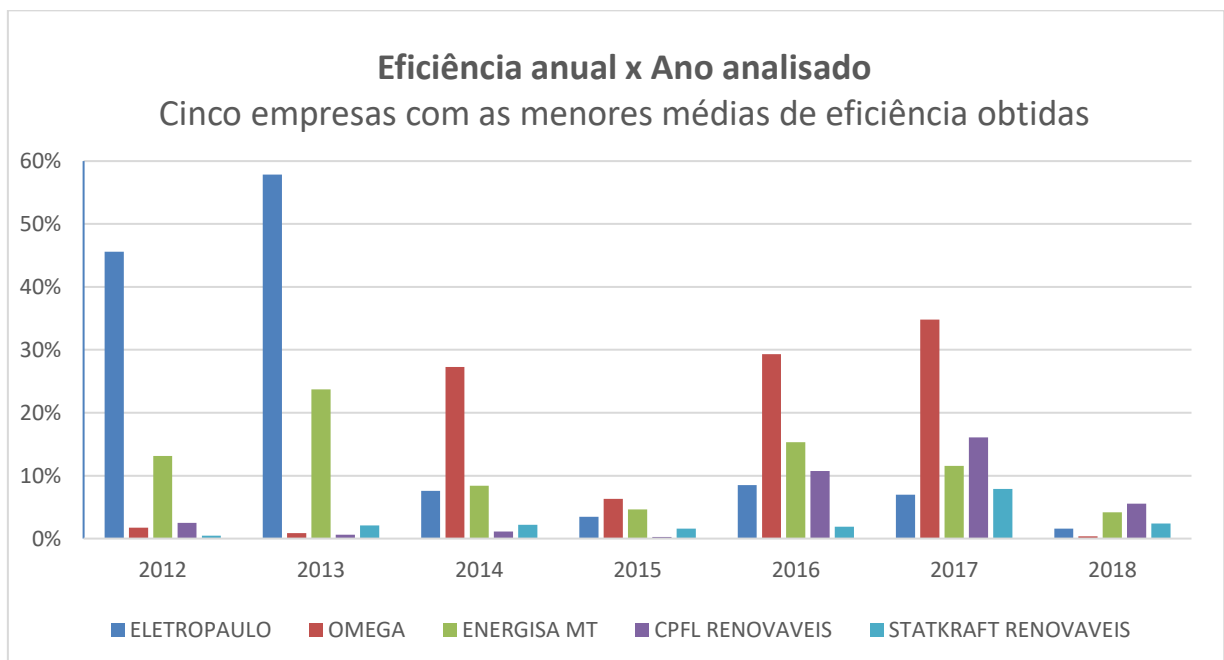
DMUS	SETOR DE ATUÇÃO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
NEOENERGIA	Holding	46%	100%	65%	100%	100%	100%	100%
ELETRORBRAS	Holding	100%	100%	100%	100%	83%	100%	26%
ALUPAR	Holding	100%	100%	100%	100%	100%	100%	8%
TAESA	Transmissão	100%	97%	54%	100%	100%	100%	8%
AFLUENTE T	Transmissão	100%	100%	100%	57%	63%	100%	6%
CESP	Geração	17%	95%	38%	100%	43%	100%	100%
ENGIE	Em todas as frentes	50%	100%	26%	62%	61%	100%	5%
REDE	Holding	100%	100%	100%	12%	18%	27%	4%
AES TIETE	Geração	34%	91%	27%	61%	58%	79%	2%
ISA CTEEP	Transmissão	51%	21%	21%	55%	100%	100%	2%
COSERN	Distribuição	23%	96%	65%	32%	42%	79%	2%
CEEE GT	Transmissão e Geração	37%	18%	31%	27%	100%	97%	1%
CEED	Distribuição	2%	1%	1%	100%	100%	100%	4%
CEMAR	Distribuição	35%	56%	51%	34%	43%	81%	3%
CELPA	Distribuição e Geração	18%	9%	100%	51%	34%	85%	1%
EQUATORIAL ENERGIA	Distribuição e Geração	24%	41%	52%	46%	44%	90%	2%
CEMIG	Em todas as frentes	80%	100%	29%	37%	15%	28%	8%
CELPE	Distribuição	0%	39%	100%	28%	46%	48%	21%
RIO PARANAPANEMA	Distribuição e Geração	36%	69%	22%	30%	63%	59%	1%
ENERGISA	Geração	25%	37%	17%	100%	25%	59%	3%
EMAE	Geração	12%	47%	6%	43%	43%	100%	8%
AMPLA	Distribuição	25%	83%	8%	10%	100%	22%	0%
CELESC	Distribuição e Geração	3%	45%	57%	10%	17%	100%	1%
ELEKTRO	Distribuição	16%	63%	21%	25%	36%	66%	2%
LIGHT	Em todas as frentes	15%	66%	19%	1%	100%	13%	7%
COELBA	Distribuição	29%	79%	35%	20%	18%	20%	1%
EDP	Distribuição e Geração	19%	51%	26%	41%	27%	33%	2%
COELCE	Distribuição	24%	40%	16%	20%	35%	60%	1%
CEB	Holding	19%	1%	0%	20%	52%	100%	2%
CPFL	Holding	23%	52%	14%	21%	25%	48%	4%
COPEL	Em todas as frentes	25%	73%	15%	22%	18%	29%	2%
RENOVA	Geração	4%	7%	10%	46%	6%	3%	100%
ENEVA	Geração	100%	4%	1%	19%	5%	9%	3%
ELETROPAULO	Distribuição	46%	58%	8%	3%	9%	7%	2%
OMEGA	Geração	2%	1%	27%	6%	29%	35%	0%
ENERGISA MT	Distribuição	13%	24%	8%	5%	15%	12%	4%
CPFL RENOVAVEIS	Geração	2%	1%	1%	0%	11%	16%	6%
STATKRAFT RENOVAVEIS	Geração	0%	2%	2%	2%	2%	8%	2%

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO B – Gráficos complementares



Fonte: Elaborado pelo autor



Fonte: Elaborado pelo autor