

OS CICLOS ECONÔMICOS DO PARAGUAI E A EFICIÊNCIA TÉCNICA DA *ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ELETRICIDAD* (ANDE) NO PERÍODO 1990 A 2018

ANIBAL DAVID CUENCA LÓPEZ *

ALINE LOPES DE AQUINO †

ADRIANO PROVEZANO GOMES ‡

Resumo

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto dos ciclos econômicos do Paraguai na eficiência técnica da *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) no período de 1990 a 2018. Para isso utilizou-se uma análise em dois estágios. O primeiro consistiu em calcular a eficiência da empresa através do método DEA. E no segundo estágio foi estimado um modelo Tobit com *Bootstrap* para avaliar a influência de fatores externos. Os principais resultados mostraram que durante o período analisado, a ANDE apresentou eficiência média elevada de 0,90 e a eficiência foi igual a 1 nos anos de 1994, 1995, 2011, 2014 e 2018.

Palavras-chave: Paraguai; ANDE; análise de eficiência; dois estágios.

Abstract

This research aimed to evaluate the impact of Paraguay's economic cycles on the technical efficiency of *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) in the period from 1990 to 2018. For this purpose, a two-stage analysis was used. The first stage calculates the efficiency of the company using *Data Envelopment Analysis* (DEA). In the second stage, a Tobit model with *Bootstrap* was estimated to evaluate the influence of external factors. The main results showed that during the analyzed period, ANDE had high average efficiency of 0.90 and the efficiency was equal to 1 in the years 1994, 1995, 2011, 2014 and 2018.

Keywords: Paraguay; ANDE; efficiency analysis; two stages.

JEL classification: D61, E32, C24

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea180547>

* Universidade Federal de Viçosa (UFV)

† Universidade Federal de Viçosa (UFV)

‡ Universidade Federal de Viçosa (UFV)

1 Introdução

Alguns setores da economia podem apresentar falhas de mercado. Essas falhas podem ocorrer devido às barreiras de entrada, assimetrias de informação, custos de transação e a presença de economias de escala, que impedem o setor de operar em um mercado de concorrência. Este tipo de mercado é definido como monopólio natural (ASSUNÇÃO, 2018; NASCIMENTO, 2013). Um exemplo é o setor de energia elétrica, onde as etapas transmissão e distribuição de eletricidade são consideradas monopólios naturais (PESSANHA *et al.*, 2010; SOLLERO; LINS, 2004).

O setor elétrico é essencial para a economia de um país. O crescimento da indústria, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aumento no padrão de vida em determinada sociedade pode ser observado com a evolução do consumo de energia através do aumento dos recursos energéticos (SIMABUKULO *et al.*, 2006). Segundo Silva Filho (2003), o “tamanho da economia” de um país, ou seja, a sua riqueza pode ser observada através do seu respectivo consumo de energia.

Nesse sentido, o setor elétrico do Paraguai se caracteriza pela existência de uma única empresa distribuidora de energia e de propriedade do Estado, a *Administración Nacional de Eletricidad* (ANDE). Por ser a única empresa nesse setor, ela possui o monopólio da transmissão e distribuição de energia elétrica, embora possa haver livre mercado nos segmentos de produção e comercialização. Em 2018, a sua cobertura elétrica, a nível nacional, foi mais de 99% da população total do país, incluindo residências, indústrias e o Governo (VICEMINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2019). Dessa forma, é possível perceber a importância da ANDE para o desempenho de toda a economia do Paraguai e o bem-estar da população.

Diante da importância do setor elétrico para o país como um todo é necessário que o setor cresça, se desenvolva e aumente a sua produtividade. Para que haja crescimento é necessário que o país apresente certa estabilidade econômica. Segundo Spiegel (2007), as empresas tomam as suas decisões de investimento em função do ambiente macroeconômico do país.

Deste modo, cabe salientar, que a economia do Paraguai passou por diversas mudanças nos últimos 30 anos. A década de 1990 e o início dos anos 2000 foram marcados pela recessão econômica. Nesse período, o país apresentou baixa produtividade, fraco crescimento do PIB (de apenas 1,5%), redução das receitas fiscais, queda das reservas monetárias internacionais e consequentemente um crescimento do déficit orçamentário, além do aumento das taxas de pobreza (MASI; BORDA, 2011). Finalizada a crise no ano de 2003, a taxa de crescimento anual do PIB real foi de 4,6% até o ano 2012. Embora no ano seguinte tenha apresentado uma desaceleração econômica, o crescimento do PIB foi de 4% em 2016. Este sucesso deveu-se a diversos fatores externos e internos como o aumento do preço das matérias primas, as políticas de metas de inflação, a Lei de Responsabilidade Orçamentária, entre outros (OCDE, 2018).

Por outro lado, para que o setor opere com alta produtividade e evite desperdícios de recursos públicos, ele precisa ser eficiente. Uma das técnicas mais utilizadas nas últimas décadas para medir a eficiência das distribuidoras de energia elétrica nos países é a de *Data Envelopment Analysis* (DEA). Esse método permite avaliar a eficiência relativa da empresa, seja em relação a ela mesma ao longo do tempo ou a um grupo de empresas semelhantes, sendo o último modo o mais utilizado. Este tipo de estudo, para o setor elétrico, já foi

feito amplamente desenvolvido em diversos países (AGRELL; BOGETOFT; TIND, 2005; AROCENA, 2008; DANIEL; GOMES, 2013; PACUDAN; GUZMAN, 2002; DOGAN; TUGCU, 2015).

Neste contexto, dado que a distribuição de energia elétrica no Paraguai é feita por uma empresa Estatal, que vigora em um mercado de monopólio natural e, portanto, não possui concorrência, é imprescindível analisar se a ANDE tem sido tecnicamente eficiente ao longo de sua gestão. Para isso, é necessário que essa análise seja feita levando em consideração o contexto macroeconômico do Paraguai, devido às grandes mudanças econômicas que aconteceram a partir da década de 1990. Desse modo, o objetivo da presente pesquisa é analisar o impacto dos ciclos econômicos do Paraguai na eficiência técnica da *Administración Nacional de Eletricidad* no período de 1990 a 2018.

O presente artigo foi estruturado em cinco seções, sendo a introdução a primeira. A segunda faz uma revisão das evidências teóricas e empíricas da aplicação do modelo DEA na análise do setor elétrico no mundo e na América Latina. Em seguida é descrito os métodos utilizados para a realização da pesquisa e a base de dados. Na quarta seção, os principais resultados são apresentados e discutidos. Por fim, na última seção são apontadas as considerações finais.

2 Evidências Teóricas Empíricas

A análise da eficiência relativa do setor elétrico através do método de estimação não paramétrico DEA é um tema amplamente discutido na literatura internacional devido à sua importância na determinação da eficiência das distribuidoras de energia elétrica a fim de fornecer serviços de qualidade aos usuários, maior crescimento econômico e melhora do bem-estar da população. Além disso, diversos órgãos reguladores do setor elétrico utilizam essa metodologia para o processo de revisão das tarifas de energia elétrica, a fim de auxiliar na determinação dos custos operacionais da entidade de energia elétrica. (CHEN, 2002; KITTELSEN, 1993; VON HIRSCHHAUSEN; CULLMANN; KAPPELER, 2006; YUNOS; HAWDON, 1997; ZHANG; BARTELS, 1998).

Diversos autores analisaram a eficiência do setor elétrico em diferentes países da América Latina. Por exemplo, o trabalho de Navarro e Torres (2006), que avaliaram por meio do modelo DEA os níveis de pura eficiência técnica, eficiência de escala e eficiência técnica global das treze divisões de distribuição de energia que compõem a Comissão Federal de Eletricidade do México no período de 1990 a 2013. Os autores estimaram um modelo com orientação produto e utilizaram as seguintes variáveis como *inputs*: linhas de distribuição; capacidade das subestações; capacidade dos transformadores; e força de trabalho. Os *outputs* foram: número de usuários e venda de energia. Os principais resultados indicam que nenhuma das divisões do setor elétrico apresentou eficiência técnica global. Além disso, a principal causa de ineficiência técnica global consiste na ineficiência de escala.

Nessa mesma linha, Navarro, Delfin e Díaz (2019) calcularam os rendimentos constantes e variáveis de escala do setor elétrico do México, para o período de 2008 a 2015. Os autores usaram um modelo DEA, com orientação produto, e a técnica de *Bootstrap*. Foram considerados como *inputs* a capacidade da planta, as linhas de transmissão e o número de subestações; e como *outputs*, a energia gerada e a energia distribuída. Os resultados mostram que,

durante o período de análise, a região Leste e Norte apresentaram níveis mais elevados de eficiência. Por outro lado, o Sudeste teve o nível mais baixo de eficiência.

Tolosa (2013), por sua vez, analisou a eficiência do setor elétrico na Colômbia. O autor utilizou a metodologia DEA para avaliar a eficiência técnica de 18 empresas distribuidoras de energia elétrica em 2010. Foram calculados os retornos constantes à escala (CCR) e retornos variáveis de escala (BCC). As variáveis utilizadas foram: número total de usuários, vendas totais de energia, comprimento de rede, número de empregados, perdas na rede e número de transformadores. A análise indica que mais de 50% das empresas avaliadas são ineficientes, independentemente do modelo utilizado. Na prática, isso significa que mais de 2,5 milhões de usuários de eletricidade não têm acesso a um serviço de qualidade.

No Brasil, Martins *et al.* (2017) analisaram a eficiência técnica relativa de 18 companhias de distribuição de energia elétrica, através da técnica DEA com retornos constantes e variáveis de escala e com orientação produto. As variáveis utilizadas como insumos foram: ativo total, ativos fixos, e total de empregados; e as variáveis utilizadas como produto foram: utilidade, utilidade líquida, e EBITDA por cliente. Os resultados mostram que 38,8% das distribuidoras analisadas foram eficientes, ou seja, 7 empresas apresentaram eficiência igual a 1. Além disso, as variáveis que mais contribuíram para a eficiência das companhias de eletricidade foram o ativo total e a utilidade líquida.

Moreno *et al.* (2015) abordaram a análise de eficiência do setor elétrico através de um modelo Network DEA em duas etapas com entradas compartilhadas (*Shared inputs*). Sendo o custo operacional (OPEX) uma entrada compartilhada, e a extensão da rede de distribuição (km) é considerado um produto intermédio. Já os *outputs* foram: o número de consumidores e o consumo total (Mwh). Os autores avaliaram a eficiência de 20 distribuidoras de energia elétrica do Brasil, através de retornos constantes e variáveis de escala. Além disso, estabeleceram um limite inferior ($\alpha = 0,1$) e superior ($\alpha = 0,3$) da variável OPEX. Segundo os resultados, nenhuma das empresas apresentou eficiência de valor igual a 1. Portanto, nenhuma distribuidora foi eficiente nas duas etapas, o que significa que todas as empresas poderiam melhorar seu nível de eficiência.

Outros autores no mundo e na América Latina também analisaram a eficiência das empresas do setor elétrico por meio de uma análise em dois estágios. O primeiro estágio estima a eficiência das DMUs através da técnica DEA e o segundo estágio consiste em aplicar variáveis ambientais para determinar os fatores externos à empresa que poderiam afetar a eficiência relativa das mesmas, através da estimação de modelos paramétricos (ASSUNÇÃO, 2018; BOBDE; TANAKA, 2018; PÉREZ-REYES, 2016).

Utilizando o método em dois estágios, Çelen (2013) verificou a eficiência de 21 empresas turcas distribuidoras de eletricidade, durante o período de 2002 a 2009. No primeiro estágio através da técnica DEA o autor calculou a eficiência técnica, a pura eficiência e a eficiência de escala, e na segunda etapa utilizou um modelo Tobit para determinar quais variáveis ambientais afetam a eficiência das companhias. As variáveis ambientais utilizadas foram: densidade de clientes, estrutura do cliente, *dummy* para reestruturação, *dummy* para propriedade e taxa de perda/roubo. Os resultados mostram que a densidade de clientes da região e a propriedade privada afetam positivamente as

eficiências.

A análise em dois estágios também já foi realizada no Brasil. [Fernandes e Resende Filho \(2018\)](#) analisaram a eficiência dos custos operacionais (OPEX) das companhias distribuidoras de energia elétrica brasileiras em dois estágios. Na primeira etapa aplicaram o método DEA para obter a eficiência das empresas e na segunda etapa estimaram o efeito das variáveis ambientais sobre os escores de eficiência das companhias do setor elétrico através do modelo Tobit. As variáveis ambientais adotadas foram: *dummy* de propriedade pública ou privada; perdas não técnicas; densidade da rede (km/km^2); densidade dos consumidores ($\text{pessoas}/\text{km}^2$); descargas; vegetação; e *dummy* de tamanho da companhia. Os autores concluem que as empresas privadas são mais eficientes que as públicas. Além disso, as empresas poderiam melhorar ainda mais a eficiência.

Entretanto, até o momento, não foram realizadas pesquisas que analisam a eficiência de uma distribuidora de energia através da metodologia DEA no Paraguai, e que relacionam os resultados com o ambiente econômico do país em que ela se encontra. Sendo esses dois fatores, a eficiência e o ambiente econômico, decisivos para o crescimento e desenvolvimento de uma empresa, a presente pesquisa se faz importante pelo fato de contribuir com um avanço no campo das análises de eficiência ao relacionar esses dois fatores.

3 Metodologia

O modelo foi estimado em dois estágios. No primeiro, utilizou-se o método *Data Envelopment Analysis* para calcular a eficiência da empresa em questão. No segundo estágio, através de uma regressão censurada Tobit com *Bootstrap*, verificou-se a influência de variáveis ambientais sobre a eficiência da ANDE.

Para calcular a evolução do desempenho da ANDE ao longo do período de 1990 - 2018, cada ano da amostra foi considerado como uma DMU (*Decision Making Unit*) diferente, assim foi possível verificar em qual ou quais períodos a empresa foi mais eficiente. Posteriormente, o segundo estágio verificou se a eficiência em determinado período está correlacionada com fatores ambientais ocorridos no mesmo período da análise.

3.1 Primeiro Estágio: *Data Envelopment Analysis*

O conceito de *Data Envelopment Analysis* foi introduzido formalmente na literatura por meio do trabalho de [Charnes, Cooper e Rhodes \(1978\)](#). Por ser uma técnica não-paramétrica, a DEA utiliza-se da programação matemática para analisar a eficiência relativa de unidades produtoras, conhecidas como DMUs. Uma DMU é considerada como eficiente relativamente aos seus pares, se ela produz mais para um dado nível de insumos ou se utiliza menos insumos, dado um nível de produção. A seguir é descrito o modelo utilizado para a presente pesquisa.

Foram estimados dois modelos DEA, o primeiro com retornos constantes à escala (CRS) e o segundo com retornos variáveis à escala (VRS). Os dois modelos possuem orientação insumo. Através dos retornos constantes é possível identificar em quais períodos a ANDE apresentou ineficiência de escala, ou seja, quando ela operou fora da planta de produção ótima. Os retornos variáveis permitem analisar a pura eficiência técnica, isto é, se a ineficiência provém do uso incorreto das quantidades de insumos. A orientação insumo tem por

objetivo minimizar a quantidade de *input* mantendo fixa a produção. Assim, o Problema de Programação Linear (PPL), para os dois modelos, é resolvido para cada DMU $i = 1, \dots, n$, e pode ser representado por meio das seguintes equações:

Tabela 1: Modelos DEA na formulação envelope e com orientação ao insumo

Modelo CRS			Modelo VRS		
$MIN_{\theta, \lambda}$	θ	(1)	$MIN_{\theta, \lambda}$	θ	(2)
Sujeito a:			Sujeito a:		
$-y_i + Y\lambda \geq 0$			$-y_i + Y\lambda \geq 0$		
$\theta x_i - X\lambda \geq 0$			$\theta x_i - X\lambda \geq 0$		
$\lambda \geq 0$			$N_1' \lambda = 1$		
			$\lambda \geq 0$		

Fonte: elaboração própria pelos autores.

Onde:
 θ é um escalar que fornece a medida de eficiência da i -ésima DMU, e $0 < \theta \leq 1$. Quanto mais próximo de 1, mais eficiente será a DMU e se $\theta = 1$, ela será considerada eficiente;
 y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produto da i -ésima DMU;
 x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo da i -ésima DMU;
 Y é uma matriz ($n \times m$) de produtos das n DMUs;
 X é uma matriz ($n \times k$) de insumos das n DMUs;
 N_1 é um vetor linha ($1 \times n$) de Algarismos unitários ($1, \dots, 1$); e
 λ é um vetor ($n \times 1$) de pesos que fornece a intensidade na qual os *inputs* e *outputs* devem ser usados para que as DMUs sejam eficientes.

3.2 Segundo Estágio: Modelo Tobit com *Bootstrap*

A fim de verificar se fatores ambientais influenciam na eficiência da ANDE foi utilizado um modelo paramétrico de regressão Tobit com *Bootstrap*. O modelo Tobit é aplicado quando os resultados da variável dependente são censurados ou truncados em determinados valores (GREENE, 2008), como os resultados obtidos através do modelo DEA que variam entre 0 e 1. Uma generalização do modelo Tobit foi apresentada por Henningsen (2010) da seguinte forma:

$$y_i^* = x_i' \beta + \varepsilon_i \begin{cases} a & \text{se } y_i^* \leq a \\ y_i^* & \text{se } a < y_i^* < b \\ b & \text{se } y_i^* \geq b \end{cases} \quad (3)$$

No qual a variável dependente (y_i^*) são os escores de eficiência calculados pelo método DEA com retornos variáveis à escala. As variáveis explicativas (x_i) são as variáveis ambientais. β são os parâmetros a serem estimados e ε_i é o termo de erro com $\varepsilon_i \approx N(0, \sigma^2)$.

Modelos não-paramétricos, assim como a técnica DEA, apresentam algumas dificuldades para fazer inferências estatísticas. A fim de corrigir essa limitação, o segundo estágio foi estimado com *Bootstrap*. Esse procedimento

cria intervalos de confiança (90% de probabilidade) que possibilitam averiguar as diferenças nas médias de eficiência técnica e de escala entre as DMUs, para isso utilizou-se 2000 iterações (FERREIRA, 2005).

3.3 Tratamento dos dados

Para que o modelo DEA mantenha uma boa discrecionalidade, é importante que o número de variáveis não seja maior que o número de DMU, neste sentido alguns autores mencionam que o número de DMU deve ser pelo menos três vezes o número de fatores *inputs* e *outputs* (BASTOS *et al.*, 2020; PESSANHA *et al.*, 2010). Mas, nesta pesquisa será considerado 5 DMUs para cada variável. Assim, como o modelo apresenta 29 DMUs, optou-se por utilizar apenas um *input*, que engloba os principais gastos da empresa, e três variáveis como *outputs*. A seguir encontra-se as variáveis utilizadas para calcular a eficiência.

Input:

- Despesas operacionais¹. Essa variável inclui os gastos em guaraníes (G)² com: energia comprada, geração, transmissão, distribuição, consumidores, depreciação e administração e geral.

Outputs:

- Energia entregue (MWh). Corresponde à energia faturada (Total geral em MWh);
- Rede total (km). É a infraestrutura do sistema de distribuição (linhas de média tensão em km) e;
- Clientes totais faturados (consumidores atendidos).

Essas variáveis são proxys, respectivamente para: total de energia distribuída pela empresa; distribuição espacial dos consumidores dentro da área de concessão; e quantidade de serviços prestados (ÇELEN, 2013; REZENDE; PESSANHA; AMARAL, 2014; SOUZA; SOUZA; PESSANHA, 2010).

O banco de dados utilizado no primeiro estágio advém de uma compilação estatística realizada pelo Departamento de Estudos Estatísticos da *Administración Nacional de Electricidad* do Paraguai. Os dados e informações são referentes à gestão técnica, comercial, financeira e administrativa da ANDE, e correspondem ao período 1990 - 2018.

No segundo estágio, para estimar o modelo Tobit, foram escolhidas variáveis ambientais que estão relacionadas com o desenvolvimento econômico e social do Paraguai. Assim, será possível observar qual foi o comportamento da eficiência da única distribuidora de energia elétrica do país em períodos de maior ou menor crescimento e estabilidade econômica, ou seja, se a eficiência em determinado período possui correlação com algum acontecimento dos ciclos econômicos. Na Tabela 2 tem-se a relação das variáveis utilizadas no segundo estágio.

O PIBr_{pc} é o produto interno bruto per capita em dólares (US\$) constantes de 2014; o Salário corresponde ao salário mínimo constante de 1980 em guaraníes (G); o IPC é o nível geral de índices de preços ao consumidor anuais de 2010; a Dívida é o saldo da dívida pública como percentagem do PIB do Governo Central; e Desemprego é taxa de desemprego total (% da participação total da força de trabalho no nível nacional).

¹ As despesas operacionais foram deflacionadas para permitir a comparação ao longo do tempo.

² G - O guaraní é a atual moeda com curso legal da República do Paraguai.

Tabela 2: Variáveis Ambientais

Variável	Fonte	Efeito Esperado
PIBrpc	Banco Central	(+)
Salário	Banco Central	(+)
IPC	Cepal	(-)
Dívida	Cepal	(-)
Desemprego	Banco Mundial	(-)

Fonte: elaboração própria pelos autores.

As variáveis PIBrpc e Salário foram obtidas do site do [BCP \(2020\)](#) no Informe Econômico do Anexo Estatístico. As variáveis Dívida, e IPC estão disponíveis no site da Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL) na seção [CEPALSTAT \(2020\)](#), e finalmente a variável de desemprego está disponível no site do Banco Mundial na seção DATABANK. Espera-se que o sinal das duas primeiras variáveis seja positivo, pois um aumento nessas variáveis está associado a uma melhora na situação econômica do país, influenciando o investimento e, portanto, melhorando a eficiência da ANDE. As outras três variáveis apresentam sinal esperado negativo, pois um aumento na dívida externa, na inflação (medida pelo IPC) e no desemprego demonstram instabilidade econômica do país.

4 Resultados

4.1 Estatísticas descritivas

Analisando o comportamento das variáveis utilizadas no modelo DEA é possível observar que houve uma tendência de crescimento entre o período avaliado de 1990 a 2018. De acordo com a Tabela 3, observa-se que as médias das despesas operacionais é $\text{G}\$1\,815\,977$; energia entregue é de $\text{MWh}\,6\,052\,296$; da rede total é de $\text{km}\,31\,475$; e o número de clientes ou consumidores que pagam pelo serviço é de $1\,001\,386$. Além disso, em relação as variáveis do modelo Tobit observa-se que o PIB apresentou uma média de $\text{US}\$ 5034$, e seu desvio padrão foi de $\text{US}\$ 704$. A média do salário real foi de $\text{G}\$1\,044\,365$, atingindo um mínimo de $\text{G}\$207\,098$ e máximo de $\text{G}\$2\,076\,843$. A média do IPC foi de 71,54, o valor mínimo e máximo atingiu 13,41 e 139,96, respectivamente. A dívida externa como porcentagem do PIB teve uma média de 11,77 e desvio padrão de 6,30. Por fim, o desemprego obteve uma média de 5,40, cujos valores mínimo e máximo foram de 3,4 e 9,39, respectivamente.

Em relação ao desvio-padrão, os valores das variáveis, em geral, encontram-se entre os limites inferiores e superiores. Nesse sentido temos as variáveis despesas, energia, consumidores, rede, salário e IPC que estão abaixo do limite inferior nos primeiros anos de análise, e o mesmo acontece nos últimos anos, onde os valores estão acima do limite superior. Ademais, a variável PIBrpc apresentou valores maiores ao limite superior nos últimos anos da amostra. Além disso, a dívida apresenta uma maior dispersão entre os anos de 2000 a 2004. Por fim, o desemprego é a variável que apresentou uma maior dispersão entre os períodos de 1994 a 1997, e 2000 a 2003.

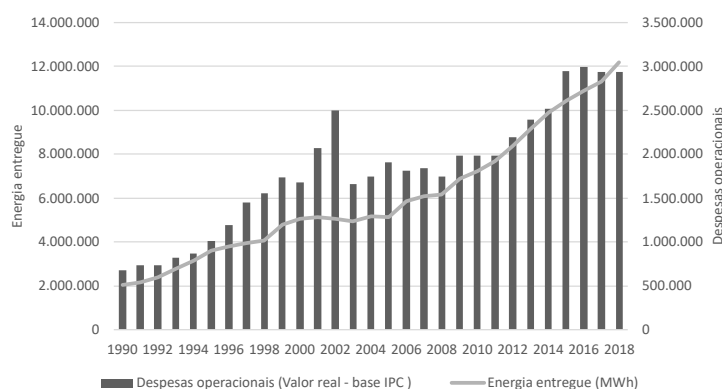
Através da Figura 1 é possível observar uma relação positiva entre as variáveis despesas operacionais e energia entregue. Durante o período analisado

Tabela 3: Estatísticas descritivas das variáveis do modelo DEA-Tobit com VRS

Variável	N	Média	Desvio-Padrão	Mín	Máx
Despesas	29	1 815 977	696 044	680 352	2 990 472
Energia	29	6 052 296	2 885 910	2 042 234	12 200 000
Consumidores	29	1 001 386	306 258	406 417	1 473 481
Rede	29	31 475	18 204	6 587	67 815
PIBrpc	29	5034	704	4282	6613
Salário	29	1 044 365	597 552	207 098	2 076 843
IPC	29	71,54	39,94	13,41	139,96
Dívida	29	11,77	6,30	5,5	30,5
Desemprego	29	5,40	1,29	3,4	9,39

Fonte: elaboração própria pelos autores.

Obs: N: número de observações, Mín: valor mínimo, Máx: valor máximo.

Figura 1: Comportamento das variáveis do modelo DEA

houve um grande aumento dessas variáveis, com uma variação percentual de 331% e 497%, respectivamente. Na maioria dos anos as duas variáveis tiveram um comportamento de crescimento muito próximo, porém em alguns anos a taxa de crescimento das despesas foi muito acima da taxa de crescimento da energia entregue. Por exemplo em 2002 onde a despesa cresceu 20,75% enquanto a energia entregue teve uma redução de 1,25%. Dessa forma, espera-se que nos anos onde o crescimento das despesas não foi acompanhado por um crescimento de mesma magnitude da energia entregue, a empresa apresente uma menor eficiência.

4.2 Resultados do primeiro estágio

Foram estimados os retornos constantes à escala para obter a medida de eficiência técnica para cada ano, e retornos variáveis à escala para diagnosticar a medida de eficiência técnica pura. Com essas medidas, foi possível calcular a eficiência de escala (ESCALA). A Tabela 4 apresenta os resultados dos escores de eficiência do modelo DEA para o setor elétrico do Paraguai no período 1990-2018.

De acordo com a Tabela 4, constata-se que a eficiência técnica média da ANDE, obtida pelo modelo CRS, durante o período analisado foi de 0,90. Isso significa que a ANDE poderia ter reduzido as suas despesas operacionais em

Tabela 4: Escores de eficiência nos modelos DEA: CRS, VRS, NIRS e ESCALA da *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) no período 1990-2018

DMUs	CRS	VRS	ESCALA	RETORNO
1990	0,83	1,00	0,83	IRS
1991	0,84	0,96	0,88	IRS
1992	0,92	1,00	0,92	IRS
1993	0,93	0,98	0,95	IRS
1994	1,00	1,00	1,00	CRS
1995	1,00	1,00	1,00	CRS
1996	0,96	0,97	0,99	DRS
1997	0,88	0,89	0,99	DRS
1998	0,87	0,88	0,99	DRS
1999	0,81	0,83	0,98	DRS
2000	0,84	0,85	0,99	DRS
2001	0,71	0,72	0,98	DRS
2002	0,59	0,60	0,98	DRS
2003	0,90	0,92	0,98	DRS
2004	0,88	0,90	0,98	DRS
2005	0,81	0,82	0,98	DRS
2006	0,89	0,91	0,97	DRS
2007	0,90	0,92	0,98	DRS
2008	0,97	1,00	0,97	DRS
2009	0,91	0,92	0,99	DRS
2010	0,95	0,96	0,99	DRS
2011	1,00	1,00	1,00	CRS
2012	0,97	0,99	0,98	DRS
2013	0,96	0,97	0,99	DRS
2014	1,00	1,00	1,00	CRS
2015	0,91	1,00	0,91	DRS
2016	0,92	1,00	0,92	DRS
2017	0,95	0,97	0,97	DRS
2018	1,00	1,00	1,00	CRS
Média	0,90	0,93	0,97	

Fonte: elaboração própria pelos autores.

Obs: A eficiência de escala da DMU é obtida pela razão CRS/VRS. Se a escala é igual a 1, a DMU opera com retornos constantes; caso contrário, a DMU opera com escala ineficiente. IRS significa retornos crescentes à escala e DRS retornos decrescentes à escala.

10%, sem alterar a quantidade produzida de energia elétrica. Essa redução poderia ser feita com base nos anos em que ela foi eficiente. Dos 29 anos (DMUs) observados, em 24 a empresa apresentou uma eficiência média elevada e em 5 a empresa foi eficiente.

A média da eficiência técnica pura foi de 0,93 no período analisado, assim as despesas operacionais poderiam ter sido reduzidas em aproximadamente 7%. Isto significa que parte da ineficiência é devido à escala de produção incorreta. Dos 29 anos analisados, em 10 a eficiência técnica pura foi igual a um, ou seja, nesses 10 anos a empresa operou sem desperdícios de insumos. Comparando com os resultados do modelo CRS, percebe-se que nos anos 1990, 1992, 2008, 2015 e 2016 ela foi eficiente na utilização dos insumos, porém apresentou ineficiência de escala. Os demais anos apresentaram ineficiência em relação à utilização inadequada de *inputs* e/ou problemas de escala incorreta de operação.

Em relação à eficiência de escala, os resultados indicam que somente nos anos 1994, 1995, 2011, 2014 e 2018 a empresa não apresentou problemas de escala, ou seja, operou com retornos constantes. Uma DMU apresenta ineficiência de escala quando opera acima ou abaixo da planta de produção ideal. Quando uma empresa opera com retornos crescentes à escala, significa que o aumento da produção se dará a custos médios decrescentes. Por outro lado, se ela opera com retornos decrescentes à escala, então a produção irá aumentar através de custos médios crescentes (DANIEL; GOMES, 2013).

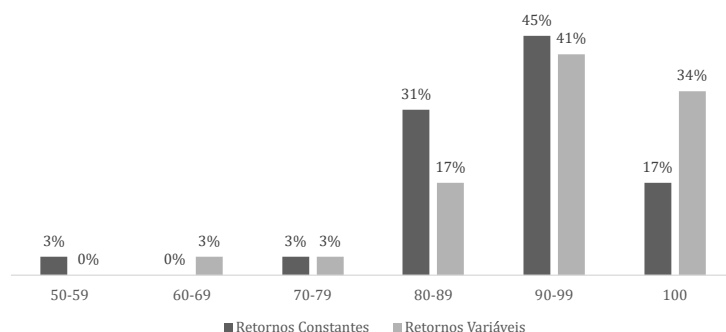
Nesse sentido, observa-se que, somente no início do período avaliado, o processo de expansão da empresa ocorreu através de retornos crescentes. Isso significa que a empresa conseguiu expandir seus produtos (energia, rede e clientes) a custos médios decrescentes e, portanto, se beneficiou de economias de escala. Por outro lado, na maioria dos anos seguintes, nos quais a empresa operou com retornos decrescentes, a expansão da ANDE ocorreu por meio de deseconomias de escala, ou seja, através de um aumento no custo médio por unidade produzida.

Para eliminar as ineficiências de escala seria necessário que nos de 1990 a 1993 a empresa aumentasse a produção, como ela fez nos dois anos seguintes, onde estava operando com retornos constantes. A partir de 1996 a ANDE passou a operar na maioria dos anos com retornos decrescentes. Nos 20 anos em que a empresa operou com retornos decrescentes, ela deveria diminuir a sua produção para voltar a operar com retornos constantes. Porém, como isso pode não ser viável, uma sugestão seria aumentar a produtividade dos fatores, operando com superutilização das plantas de produção, assim seria possível aumentar a produção sem precisar aumentar os insumos (DANIEL; GOMES, 2013).

A Figura 2 abaixo permite visualizar a distribuição percentual dos escores de eficiência técnica e eficiência técnica pura da ANDE no período 1990-2018. Note-se que 17% e 34% dos anos (DMUs) alcançaram 100% de eficiência nos modelos com retornos constantes e variáveis, respectivamente. Assim também, 45% (CRS) e 41% (VRS) dos anos apresentaram eficiência em torno de 90-99%. Somente 3% dos anos apresentaram eficiência mínima entre 50-59% no modelo com retornos constantes.

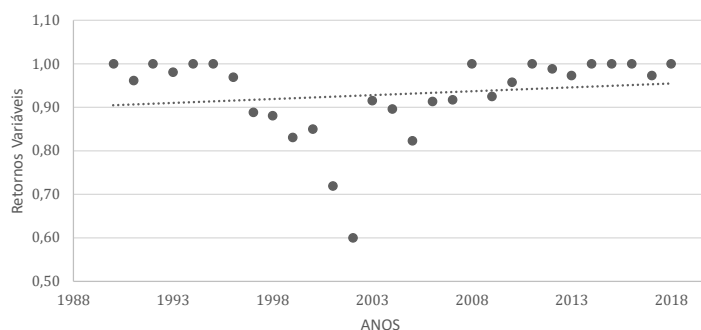
A Figura 3 mostra a evolução das eficiências com retornos variáveis da ANDE no período analisado. Observa-se que a partir de 1990 até 1995 a média da eficiência técnica pura foi superior a 99%. Posteriormente a eficiência se reduz, atingindo um mínimo no ano de 2002, onde a eficiência foi de 60%.

Figura 2: Distribuição percentual da medida de eficiência técnica, considerando-se retornos constantes (CRS) e variáveis (VRS) à escala da *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) no período 1990-2018



Fonte: elaboração própria pelos autores.

Figura 3: Evolução da eficiência técnica pura (VRS) da *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) no período 1990-2018



Fonte: elaboração própria pelos autores.

Considerando os ciclos econômicos do Paraguai ao longo do período de análise, a evolução da eficiência da ANDE poderia estar relacionado ao contexto econômico do país. No ano de 1989 iniciou-se a transição política econômica do Paraguai, com o fim da ditadura e o retorno da democracia e da liberalização econômica. A mudança teve efeitos favoráveis sobre as variáveis monetárias, porém o efeito não foi tão promissor sobre o investimento e aumento do PIB. Neste período, o país teve um balanço orçamentário satisfatório, a inflação desceu para um único dígito em 1996, o nível das reservas internacionais aumentou e a dívida externa diminuiu para 14% do PIB (STRAUB, 1998).

Entretanto, a liberalização da economia não foi acompanhada por uma forte supervisão bancária. Somando-se a isso, a elevada informalidade do setor financeiro gerou uma crise bancária entre 1995 e 1998. Nesse período mais de 50% dos bancos e entidades financeiras quebraram, gerando custos elevados no sistema econômico de aproximadamente 10% do PIB, segundo estimativas de Carosini (2010). Em seguida, a crise financeira, juntamente com o déficit da balança comercial causado pelo excesso de importações de bens de consumo, teve efeitos recessivos em toda a economia (STRAUB, 1998).

Em geral, a década de 1990 e os primeiros anos da década de 2000 caracte-

rizam-se pela recessão econômica, em que o crescimento do PIB foi muito baixo, e a taxa de crescimento da produção de bens e serviços foi inferior à taxa de crescimento demográfico. Além disso, teve aumento das taxas de pobreza, crescimento do déficit orçamentário, diminuição das reservas monetárias internacionais e redução das receitas fiscais, o que provocou atraso nos pagamentos da dívida interna e externa do governo (CAROSINI, 2010).

Ao analisar essas informações é possível perceber a relação entre a situação econômica do país e a eficiência da ANDE. Por exemplo, segundo Masi e Borda (2011), depois da transição da democracia se iniciou um período de estagnação econômica (1996-2002) causados pelas crises mundiais e regionais. A crise financeira e a baixa produtividade da década de 1990 afetou negativamente o crescimento econômico, entre 1995 e 2000, nesse período o crescimento médio do PIB foi de 1,5%. Paralelamente, verifica-se que em 1994 e 1995 a eficiência da ANDE era igual a 1, e a partir de 1996 a eficiência começou a cair, chegando a ter uma eficiência de apenas 0,60 em 2002.

Logo após, nos anos de 2003-2005, iniciou-se uma etapa de recuperação econômica no Paraguai. Em geral, essa melhora possivelmente está relacionada ao plano de estabilização do Fundo Monetário Internacional (FMI) e à recuperação regional. Mais especificamente, em 2003, o país começou a se recuperar economicamente graças a diversas medidas adotadas, como: políticas voltadas para a redução do déficit orçamentário do governo; reformas na supervisão do sistema financeiro; maior desenvolvimento do modelo agroindustrial; e o investimento em infraestrutura que permitiu aumentar o crescimento econômico do Paraguai.

Novamente é possível observar a relação desse período com a eficiência da ANDE. Na Figura 3, a eficiência técnica começa a crescer em 2003 chegando até 92%. A partir de 2007 a eficiência técnica se manteve superior a 90% em todos os anos e atinge a eficiência igual a 1 nos anos 2008, 2011, 2014, 2015, 2016 e 2018. É importante observar que após a recuperação econômica de 2003, o PIB per capita do Paraguai mais do que triplicou até 2015 e a taxa de crescimento do PIB real se manteve em torno de 4,5% ao ano (OCDE, 2018). Ou seja, após a recuperação, a situação econômica do país se manteve estável, assim como a eficiência da ANDE.

Os principais fatores externos do desenvolvimento do Paraguai desde 2003 foram o aumento dos preços das exportações de soja e óleo de soja, bem como o aumento da carne bovina entre 2001 e o início da década de 2010. Entre os fatores internos, destaca-se a Lei de Responsabilidade Orçamentária de 2013 que limitou o déficit público a 1,5% do PIB. Além disso, em 2011 o Banco Central aplicou a política monetária de metas de inflação que permitiu atenuar a volatilidade dos preços.

Estima-se que a incidência da pobreza multidimensional diminuiu durante o período 2000-2015 a uma taxa média anual de 9,2%. A taxa de pobreza em 2000 era de 58% da população e caiu para 17% da população em 2015. A redução da pobreza deve-se principalmente a três fatores: o crescimento econômico durante esse período, as alterações estruturais do mercado de trabalho e o processo de urbanização das últimas décadas (ERVIN *et al.*, 2018).

4.3 Resultados do segundo estágio

Através do modelo DEA-Tobit estimou-se a relação das variáveis ambientais sobre os escores de eficiência calculados apenas no modelo DEA-VRS. A Tabela 5, mostra os resultados da estimação do modelo Tobit com *Bootstrap*.

Os resultados do modelo Tobit com *Bootstrap* indicam que somente duas variáveis ambientais foram significativas, além de apresentar os sinais esperados. Então, o PIBrpc e a Dívida foram significativos no nível de 10% e 5%, respectivamente. Isto significa que a ineficiência técnica pura da *Administración Nacional de Electricidad* pode não ser somente devido à má utilização do insumo ou problemas de escala, mas também a fatores externos. Portanto, se houvesse uma queda dos efeitos adversos das variáveis ambientais, possivelmente, a eficiência técnica da ANDE melhoraria, se aproximando mais da fronteira eficiente. Por outro lado, embora as demais variáveis ambientais tenham apresentado os sinais esperados (Desemprego, Salário e IPC), não foram significativas.

O valor dos coeficientes mostra o grau de influência das variáveis externas sobre os escores de eficiência da ANDE. Em geral, o PIBrpc mostra uma relação direta com a eficiência, apesar do impacto ser muito pequeno. Por exemplo, se o PIB aumentar em 1%, a eficiência técnica pura do setor elétrico paraguaio aumentaria 0,005%. Por outro lado, a dívida apresenta um impacto maior e uma relação inversa com a medida de eficiência da ANDE, ou seja, se a dívida externa diminuir em um ponto percentual, a eficiência técnica pura aumentaria em 0,01%.

Conforme as estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 3, o PIBrpc não mudou muito durante o período de análise, alcançando um mínimo de US\$ 4282 e máximo de US\$ 6613. É importante observar considerando a evolução histórica do PIBrpc, que os períodos onde a ANDE atingiu eficiência igual a um, os valores do PIBrpc foram superiores à média, exceto na década de 1990, em que o PIBrpc foi inferior à média do período analisado. Assim também, observa-se que nos anos onde a ANDE apresentou menor eficiência, o PIBrpc esteve muito abaixo da média.

Além disso, considerando a evolução da dívida externa é possível observar, através da Tabela 3, que nos períodos onde a eficiência técnica pura foi igual a 1, a dívida pública esteve muito abaixo da média (11,76%) com exceção dos anos 2016 e 2018, cujo os valores atingiram 12% e 14%, respectivamente. Além disso, os períodos de menor eficiência do setor elétrico paraguaio estão relacionados com maiores taxas de dívida externa, por exemplo, no ano 2002 a eficiência com retornos variáveis atingiu seu mínimo de 60% e a dívida externa atingiu seu máximo de 30,5%. Essa mesma tendência segue nos anos que apresentaram menor eficiência.

Por fim, através dos resultados do segundo estágio, observou-se que as variáveis ambientais (PIBrpc e Dívida) podem influenciar o rendimento dos escores de eficiência técnica pura da empresa distribuidora de energia elétrica paraguaia, uma vez que a eficiência apresenta uma tendência de acordo com os ciclos econômicos do país. Assim, nos períodos de maior crescimento do PIBrpc, a eficiência da ANDE foi maior e vice-versa. E uma dívida maior está relacionada com uma menor eficiência e vice-versa. Além disso, a dívida pública possui uma maior influência sobre a eficiência, dado a magnitude do seu coeficiente.

Tabela 5: Resultados da estimação do modelo Tobit com *Bootstrap*

Variável	Coefficientes	Desvio-Padrão (<i>Bootstrap</i>)	Valor-P
PIB real per capita	0,000 05	0,000 03	0,0850
Dívida externa	-0,010 68	0,003 15	0,0010
IPC	-0,002 30	0,005 06	0,6490
Desemprego	-0,002 97	0,014 58	0,8380
Salário	0,000 00	0,000 00	0,6940
Constante	0,836 38	0,149 22	0,0000
Observações		29	
Repetições Bootstrap		2000	

Fonte: elaboração própria pelos autores.

5 Considerações finais

O setor elétrico do Paraguai caracteriza-se pela existência de uma única empresa encarregada da transmissão e distribuição da energia, bem como pela falta de concorrência nesse setor. Portanto, é importante conhecer qual foi o desempenho da empresa distribuidora de eletricidade no país ao longo dos anos, considerando tanto os fatores internos como externos dela. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o impacto dos ciclos econômicos do Paraguai na eficiência técnica da ANDE no período de 1990 a 2018.

Para este fim, foi empregada a análise em dois estágios. Cujo primeiro estágio consistiu em estimar os escores de eficiência da ANDE, através do método DEA com retornos constantes e variáveis, e orientação insumo. Posteriormente, no segundo estágio, foram estimados os efeitos das variáveis externas à gestão da distribuidora de eletricidade. Esta análise permitiu determinar em que medida as variáveis ambientais afetaram a eficiência da ANDE durante o período analisado. Observou-se que durante o período de análise somente 17% e 34% dos anos apresentaram eficiência técnica igual a um para os modelos com retornos constantes e variáveis, respectivamente. Isto significa que a ineficiência da ANDE se deve a escala de produção incorreta e/ou desperdícios de insumos.

Além disso, houve 5 anos em que a empresa não apresentou problemas de ineficiência de escala. Considerando os ciclos econômicos, os resultados indicam uma forte relação entre os períodos de maior eficiência e a estabilidade macroeconômica do país. É importante ressaltar que nos períodos onde a ANDE foi eficiente, não significa que ela não poderia melhorar ainda mais o seu desempenho. Principalmente devido ao fato de que a empresa está inserida em um mercado sem concorrência, no qual não há incentivos para ser cada vez mais eficiente. Em relação ao segundo estágio, o PIBrpc e a Dívida foram significativos e apresentaram o sinal esperado. Isto significa que o contexto econômico do país pode afetar o desempenho da empresa distribuidora de eletricidade.

De acordo com os resultados, seria interessante analisar se o modelo atual de exploração de energia elétrica no Paraguai é o mais viável para melhorar a eficiência no futuro. Neste sentido, poderiam ser implementadas políticas que incentivem a concorrência do setor elétrico através do capital privado no processo de geração, transmissão e distribuição com a finalidade de melhorar

a qualidade do serviço aos usuários.

Como sugestão para futuras pesquisas, além do cálculo da eficiência técnica, pode-se calcular a eficiência econômica e alocativa da ANDE durante o mesmo período de análise deste estudo. Para isso, seria necessário obter informações sobre os preços dos fatores de produção, com a finalidade de estimar as quantidades ótimas de insumos que minimizem o custo de produção ou maximizem sua receita.

Referências

- AGRELL, P. J.; BOGETOFT, P.; TIND, J. DEA and dynamic yardstick competition in Scandinavian electricity distribution. *Journal of Productivity Analysis*, v. 23, n. 2, p. 173–201, 2005.
- AROCENA, P. Cost and quality gains from diversification and vertical integration in the electricity industry: A DEA approach. *Energy Economics*, v. 30, n. 1, p. 39–58, 2008.
- ASSUNÇÃO, H. M. *Uma Análise da Eficiência de Custos Operacionais das Companhias de Distribuição Elétrica: uma Aplicação DEA e MDEA em Dois Estágios*. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade de Brasília, Brasil, 2018.
- BANCO CENTRAL DEL PARAGUAY — BCP. *Estadísticas Económicas*. 2020. Disponível em: <https://bcp.gov.py/estadisticas-economicas-i364>. Acesso em: 26 out. 2020.
- BASTOS, C. M. S. *et al.* A eficiência relativa das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. *Revista Ambiente Contábil*, v. 12, n. 1, p. 66–87, 2020.
- BOBDE, S. M.; TANAKA, M. Efficiency evaluation of electricity distribution utilities in India: A two-stage DEA with bootstrap estimation. *Journal of the Operational Research Society*, v. 69, n. 9, p. 1423–1434, 2018.
- CAROSINI, A. L. *La política económica en el Paraguay. Avances, logros y perspectivas. Antes y después de 1989. Antes y después de 1989*. 2010. Disponível em: https://www.eco.una.py/eco/pdf/Politica_Economica_FCE-UNA_Econ_Ana_L_Carosini_RD.pdf.
- ÇELEN, A. Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish electricity distribution companies: An application of two-stage (DEA & Tobit) analysis. *Energy Policy*, v. 63, p. 300–310, 2013.
- CEPALSTAT. *Estadísticas e Indicadores*. Disponível em: https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/web_cepalstat/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e. Acesso em: 26 out. 2020.

- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.
- CHEN, T. An assessment of technical efficiency and cross-efficiency in Taiwan's electricity distribution sector. *European Journal of Operational Research*, v. 137, n. 2, p. 421–433, 2002.
- DANIEL, L. P.; GOMES, A. P. Um modelo para medir eficiência das concessionárias de distribuição de energia elétrica brasileiras. *P&D em Engenharia de Produção*, v. 11, n. 2, p. 74–89, 2013.
- DOGAN, N. O.; TUGCU, C. T. Energy Efficiency in Electricity Production: A Data Envelopment Analysis (DEA) Approach for the G-20 Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, v. 5, n. 1, p. 246–252, 2015.
- ERVIN, P. A. *et al.* Multidimensional Poverty in Paraguay: Trends from 2000 to 2015. *Social Indicators Research*, v. 140, n. 3, p. 1035–1076, 2018.
- FERNANDES, D. P.; RESENDE FILHO, M. A. Eficiência de custos operacionais das Companhias de Distribuição de Energia Elétrica (CDEES) no Brasil: uma aplicação (DEA & Tobit) em dois estágios. *Planejamento e Políticas Públicas*, v. 0, n. 51, 2018.
- FERREIRA, M. A. M. *Eficiência Técnica e de Escala de Cooperativas e Sociedades de Capital na Indústria de Laticínios do Brasil*. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
- HENNINGSEN, A. Estimating Censored Regression Models in R using the cens-Reg Package. *R package vignettes collection*, v. 5, n. 2, p. 12, 2010.
- KITTELSEN, S. *Stepwise DEA; Choosing Variables for Measuring Technical Efficiency in Norwegian Electricity Distribution*. [S. l.: s. n.], 1993.
- MARTINS, V. Q. *et al.* Evaluation of technical efficiency of Brazilian distribution companies of electrical energy through Data Envelopment Analysis (DEA). *Contaduría y Administración*, v. 63, n. 1, p. 1–18, 2017.
- MASI, F.; BORDA, D. *Estado y economía en Paraguay (1870-2010)*. Asunción: CA-DEP, 2011.
- MORENO, P. *et al.* Evaluation of Brazilian electricity distributors using a Network DEA model with shared inputs. *IEEE Latin America Transactions*, v. 13, n. 7, p. 2209–2216, 2015.
- NASCIMENTO, A. C. C. *Regulação no setor de distribuição de energia elétrica no Brasil: análise de metodologias alternativas para a definição dos custos operacionais eficientes*. Tese (Doutorado em Economia e Gerenciamento do Agronegócio;

- Economia das Relações Internacionais; Economia dos Recursos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- NAVARRO, J.; DELFIN, O. V.; DÍAZ, A. La Eficiencia del Sector Eléctrico en México 2008-2015. *Análisis Económico*, v. XXXIV, p. 71–94, 2019.
- NAVARRO, J.; TORRES, Z. Análisis de la eficiencia técnica global mediante la metodología DEA en la industria eléctrica mexicana en su fase de distribución, 1990 - 2003. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, v. I, n. 1, p. 9–28, 2006.
- OCDE. *Estudio Multidimensional de Paraguay Volumen 1. Evaluación Inicial: Caminos de Desarrollo*. Paris Cedex, France: Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2018. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/development/estudio-multidimensional-de-paraguay_24095010-es. Acesso em: 2 out. 2019.
- PACUDAN, R.; GUZMAN, E. Impact of energy efficiency policy to productive efficiency of electricity distribution industry in the Phillipines. *Energy Economics*, v. 24, n. 1, p. 41–54, 2002.
- PÉREZ-REYES, R. *Medición de la eficiencia y la productividad en la distribución de electricidad en Perú: 1996-2014*. Tesis (Doctorado en Economía) – Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 2016.
- PESSANHA, J. F. M. *et al.* Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: Uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela ANEEL. *Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 3, p. 521–545, 2010.
- REZENDE, S. M.; PESSANHA, J. F. M.; AMARAL, R. M. Avaliação cruzada das distribuidoras de energia elétrica. *Produção*, v. 24, n. 4, p. 820–832, 2014.
- SILVA FILHO, D. *Dimensionamento de usinas hidroelétricas através de técnicas de otimização evolutiva*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- SIMABUKULO, L. A. N. *et al.* *Energia, industrialização e modernidade: história social*. 2006. Trabalho de conclusão de disciplina (Graduação) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://eletromemoria.fflch.usp.br/sites/eletromemoria.fflch>. Acesso em: 24 out. 2020.
- SOLLERO, M. K. V.; LINS, M. P. E. Avaliação de eficiência de distribuidoras de energia elétrica através da análise envoltória de dados com restrições aos pesos. *Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional*, v. XXXVI, 2004.
- SOUZA, M. V. P.; SOUZA, R. C.; PESSANHA, J. F. M. Custos operacionais eficientes das distribuidoras de energia elétrica: um estudo comparativo dos modelos DEA e SFA. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 4, p. 653–667, 2010.

- SPIEGEL, S. *Políticas Macroeconómicas y de Crecimiento. Estrategias nacionales de desarrollo, Guía de orientación de políticas públicas*. 2007. Disponível em: https://contenidos.areandina.edu.co/repo/modulos/AE/126_macroekonomia%20Publicar/referentes/recursos/eje2/recursos/Politicas.pdf. Acesso em: 24 out. 2020.
- STRAUB, S. Evolución macroeconómica del Paraguay 1989-1997: Burbuja de consumo y crisis financiera. *Revista de la CEPAL*, n. 65, p. 119–132, 1998.
- TOLOSA, B. *Evaluación de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica en Colombia empleando la metodología de análisis envolvente de datos - DEA*. Disertaciones (Maestría en Administración) – Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2013.
- VICEMINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. *Energía - Comercialización*. 2019. Disponível em: https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view%20=article&id=1218&Itemid=605. Acesso em: 10 out. 2020.
- VON HIRSCHHAUSEN, C.; CULLMANN, A.; KAPPELER, A. Efficiency analysis of German electricity distribution utilities - Non-parametric and parametric tests. *Applied Economics*, v. 38, n. 21, p. 2553–2566, 2006.
- YUNOS, J. M.; HAWDON, D. The efficiency of the National Electricity Board in Malaysia: An intercountry comparison using DEA. *Energy Economics*, v. 19, n. 2, p. 255–269, 1997.
- ZHANG, Y.; BARTELS, R. The Effect of Sample Size on the Mean Efficiency in DEA with an Application to Electricity Distribution in Australia, Sweden and New Zealand. *Journal of Productivity Analysis*, v. 9, n. 3, p. 187–204, 1998.