

**DETERMINANTES DA ELASTICIDADE-PREÇO DA DEMANDA POR
ENERGIA ELETRICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE EM DADOS EM
PAINEL DE 2003 A 2016**

RESUMO

O consumo de energia elétrica é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico, do nível de qualidade de vida e do ritmo das atividades dos setores industrial, comercial e de serviços, e, também se a sociedade está sendo capaz de adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados como eletrodomésticos e eletroeletrônicos, que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica. O presente artigo tem como objetivo analisar e mensurar o consumo de energia elétrica e os seus principais determinantes. Para que o objetivo do artigo seja concluído, utilizou a metodologia de dados em painel, num período de tempo de 2003 a 2016 com as seguintes variáveis: consumo de energia elétrica, preço médio, impostos e produto interno bruto das regiões no período supracitado. De maneira geral, os resultados obtidos estão em conformidade com a revisão de literatura proposta, visto que o principal objetivo proposto foi atendido em que os determinantes do consumo de energia elétrica estudados foram significativos para explicar o consumo de energia elétrica nos 27 estados brasileiros durante o período analisado. Dessa forma, observou-se que um aumento nos níveis de preço e imposto, gerou uma redução no consumo de energia elétrica. E, um aumento no Produto Interno Bruto gerou um aumento no consumo de energia elétrica, pois as pessoas se disponibilizam a consumir uma maior quantidade de energia elétrica. Portanto, pode-se dizer que o consumo de energia elétrica tem um impacto importante no desenvolvimento econômico do país, influenciando na qualidade de vida da população.

Palavras chave: consumo de energia elétrica, desenvolvimento econômico, estados brasileiros, dados em painel.

1. INTRODUÇÃO

Nas sociedades modernas, a energia está cada vez mais incorporada nos hábitos de vida dos insumidores de energia, cumprindo um amplo papel indicativo de padrões de qualidade de vida através do consumo. A acessibilidade e preços da energia elétrica devem estar entre as prioridades do governo, visto que a mesma além de ser uma variável de medida para o desenvolvimento econômico dos países também é um insumo chave, presente desde as residências até o setor agropecuário e industrial. Dessa forma, devido a essencialidade do

serviço de energia elétrica, tal setor sofre regulações por parte do Estado, desde assuntos referentes à investimentos até o preço da tarifa de energia elétrica que será cobrado do consumidor final.

De acordo com Gomes (2008), a energia elétrica é um dos recursos que mais contribuem para uma gama gigantesca de atividades. Desde a sua descoberta, influenciou nas inovações tecnológicas que ocorreram constantemente ao longo do tempo, dessa forma aumentando a necessidade desse recurso. Para Oliveira (2015), a utilidade das novas tecnologias no sistema de produção proporciona grandes transformações em muitos países, principalmente, nos que utilizam mais amplamente de tais processos tecnológicos.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL (2005), o consumo de energia elétrica é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. É através desse consumo que se sabe o ritmo das atividades dos setores industrial, comercial e de serviços e também se a sociedade está sendo capaz de adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados como eletrodomésticos e eletroeletrônicos, que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica.

Pode-se relacionar o consumo de energia elétrica numa determinada região com o nível de crescimento econômico neste local e suas influências nas disparidades socioeconômicas dentro da região. O consumo de energia elétrica e o crescimento econômico são fatores que sempre foram relacionados nas sociedades atuais, visto que os três setores são altamente dependentes do consumo de energia elétrica para que haja produção de bens e serviços e isso movimenta a economia.

A relação energia-desenvolvimento é válida, visto que a presença da energia está condicionada como insumo ou fator de produção nos processos de transformação industrial ou produção de serviços e, em situações específicas, como elemento dinâmico do desenvolvimento, em face de algumas de suas características, como a elevada renda associada a seu funcionamento e as relações interindustriais, e de serviço também, que mantém com os demais setores econômicos.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo analisar como os indicadores da renda per capita, imposto e preço médio que podem influenciar no consumo de energia elétrica no Brasil. E, como problema de pesquisa, cabe questionar quais são os determinantes do consumo de energia elétrica no Brasil, considerando período de 2003 a 2016. Visto que o consumo de

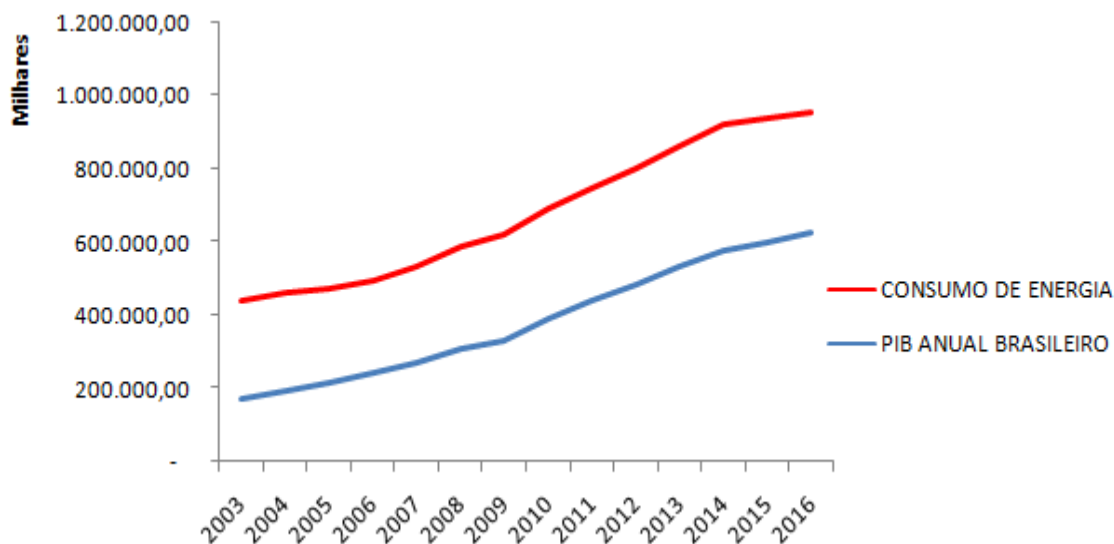
energia elétrica é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 A relação da Energia Elétrica e desenvolvimento econômico

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Produto Interno Bruto (PIB) é determinado a partir da soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estados ou cidades em um determinado período, geralmente em um ano. Além disso, o PIB também é utilizado para indicar o desenvolvimento econômico de uma determinada região, que é o resultado de um grande consumo de produtos e serviços somado a um setor industrial que garante a transformação da matéria prima em bens de consumo, que resultará em um crescimento da economia. Dessa forma, entende-se que o PIB é o principal indicador do crescimento econômico de um país.

GRAFICO 1: Relação entre a variação do PIB brasileiro e Consumo de Energia de 2003 a 2016.



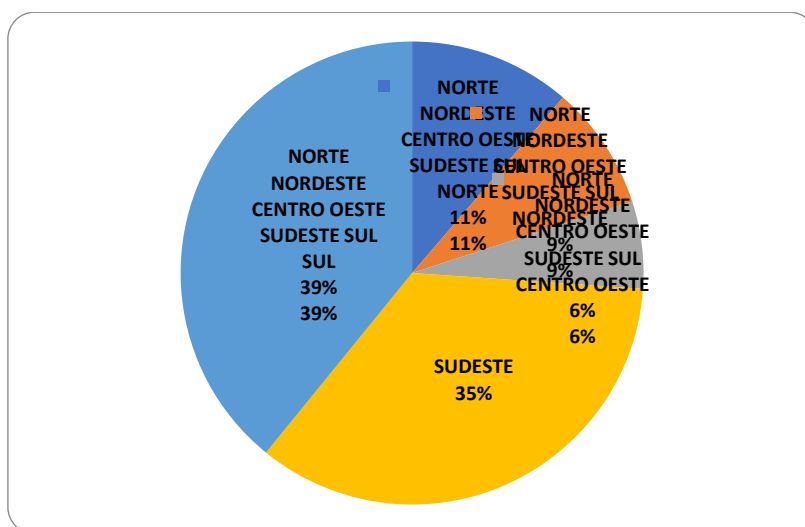
Fonte: IBGE (2018)

Segundo Milone (1998), a existência de desenvolvimento econômico a partir da constatação da variação positiva do crescimento econômico do PIB indica melhoria nos índices que apontam a melhor qualidade de vida da população. Isso é observado no gráfico 1, visto que outro índice indicativo do desenvolvimento econômico de um país é o consumo de energia elétrica, percebe-se que a variação dos dois indicadores possuem uma correlação, uma vez que,

a inclinação da curva de variação do PIB e a variação no consumo de energia segue com um comportamento similar.

Segundo os dados do Relatório da ANEEL (2016), o Brasil possui o total de 115 concessionárias de energia elétrica distribuídas por todo seu território e o total de 4.145.892.768,99 em consumo de energia elétrica em MWh. Porém esta distribuição é realizada de forma desigual, visto que as regiões do Sul e Sudeste possuem muito mais concessionárias de energia elétrica que nas outras regiões.

GRAFICO 2: Porcentagem de concessionárias de distribuição de energia elétrica por região brasileira de 2003 a 2016.



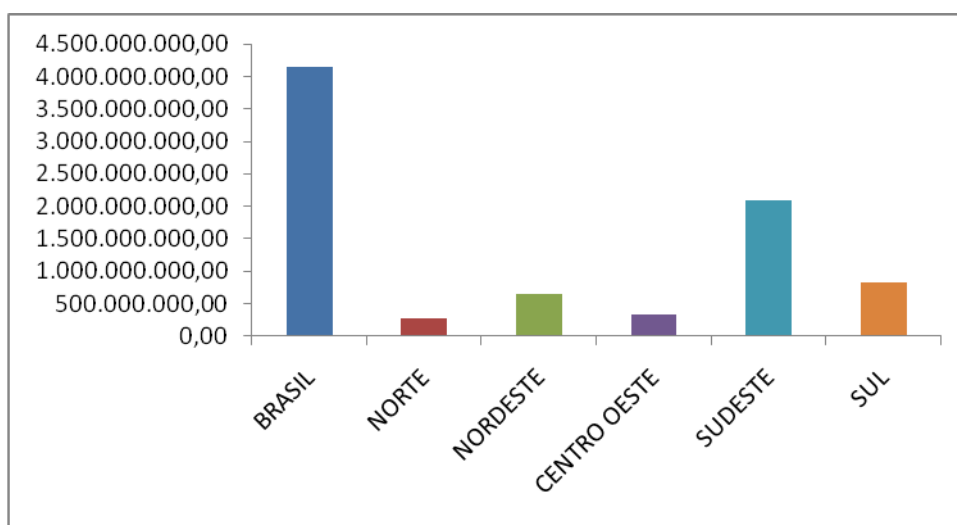
Fonte: ANEEL (2016)

Observa-se no gráfico acima o contraste entre as regiões o Sudeste e o Sul com as demais regiões brasileiras, o que sinaliza como são tratadas as questões energéticas, ao nível estratégico e as conseqüências que são os custos cada vez mais crescentes do abastecimento energético sem a devida alavancagem no desenvolvimento, indicando uma clara sub-utilização dos recursos de uma sociedade numa afronta ao quadro social.

Segundo Simabukulo (2006), quando há aumento dos recursos energéticos há a evolução do consumo de energia, dessa forma, melhorando o padrão de vida de determinada sociedade, crescimento industrial e desenvolvimento tecnológico. Os países industrializados ou em desenvolvimento dão a devida importância a questão energética, pois essa relação reflete em uma sociedade ao ampliar o seu conhecimento sobre fontes de energia, conquista um maior controle sobre a natureza e assim extraindo dela mais recursos que possibilitam a melhora no padrão de vida.

De acordo com Carvalho (2012), no Brasil, após a Segunda Guerra Mundial os processos de urbanização e industrialização tiveram rápidos resultados no crescimento do consumo de energia elétrica, tanto que o país implantou dois sistemas fundamentais, o sistema elétrica que era responsável pelas cidades, setores de serviços e parte das indústrias e o de petróleo e gás que alimentava transportes e a outra parte das indústrias. A partir disso, entende-se a importância do consumo de energia elétrica para países como o Brasil e seu desenvolvimento econômico e tecnológico.

GRAFICO 3: Consumo de Energia elétrica por região brasileira de 2003 a 2016



Fonte: ANEEL (2016)

Pode-se analisar no gráfico acima que as regiões brasileiras que mais consomem energia elétrica são a Sul e Sudeste. Uma das maneiras de entender essa disparidade de consumo é que ambas regiões concentram maior número de concessionárias de distribuição de energia elétrica no país.

2.2 Revisão bibliográfica

Alguns estudos sobre a questão energética conseguiram aplicar a teoria à realidade brasileira, com o auxílio de modelos econométricos com o objetivo de apresentar o consumo de energia em relação à tarifa e crescimento econômico. Como exemplo pode-se citar os trabalhos de Modiano (1984), Andrade e Lobão (1997), Siqueira e Hollanda (2005), Gomes (2010) e Labandeira (2012).

Modiano (1984) ponderou as demandas para o Brasil, para as três classes (residencial, comercial e industrial), no período de 1963 a 1981, com dados a partir de período anuais. Ele teve como conclusão que, para as classes residencial, comercial e

industrial, as elasticidades-preço de curto prazo eram, respectivamente, $-0,118$, $-0,062$ e $-0,451$; as elasticidades-preço de longo prazo eram $-0,403$, $-0,183$ e $-0,222$; as elasticidades-renda de curto prazo eram $0,332$, $0,362$ e $0,502$ e as elasticidades-renda de longo prazo eram $1,13$, $1,068$ e $1,360$.

Já Andrade e Lobão (1997) modernizaram em parte o trabalho de Modiano (1984), com auxílio de um modelo econométrico para estimar a elasticidade-preço e renda da demanda residencial de energia elétrica com base na precificação dos eletrodomésticos no período entre 1963 a 1995. Eles concluíram que as elasticidades-preço de curto e longo prazos foram respectivamente $-0,06$ e $-0,051$; e as elasticidades-renda de curto e longo prazos foram $0,212$ e $0,213$. A resposta obtida gerou um impacto nas tarifas e no consumo residencial. Aumentos reais nas tarifas de eletricidade afetariam de modo significativo o padrão rítmico de crescimento da quantidade de demanda. Andrade e Lobão (1997) também verificaram algumas outras variáveis que influenciam no consumo de energia elétrica nas residências, como: o preço dos eletrodomésticos e a renda familiar. Visto que essas variáveis ajudam a explicar a quantidade total de energia elétrica demandada.

Por sua vez, Siqueira e Hollanda (2005) propuseram uma metodologia que capturasse os efeitos do racionamento nas previsões de demanda de energia elétrica do Nordeste brasileiro, usando dados para o período de 1970 a 2000. Os autores, no entanto, se concentraram nas estimações das elasticidades-renda e preço nas três classes principais de consumo: residencial, industrial e comercial.

Gomes (2010) utilizou como parâmetro metodológico para determinar as elasticidades preço e renda da demanda por energia elétrica residencial no Brasil no período de 1999 a 2006, um modelo de dados em painel, sugerindo um método de efeitos fixos. Os valores encontrados foram $-0,111$, para a elasticidade-preço e $0,091$ para a elasticidade-renda, que segundo a autora os valores ficaram próximos aos observados na literatura nacional e estavam de acordo com a teoria econômica.

Por fim, quando se fala em estudos fora da realidade brasileira, Labandeira (2012) estimaram a elasticidade preço da demanda de eletricidade, considerando um levantamento espanhol e utilizaram informações mensais de setembro de 2005 a agosto de 2007 para os setores residencial e industrial. Com o auxílio do modelo de efeitos aleatórios para dados em

painel foi encontrada uma elasticidade preço da demanda de energia elétrica de curto prazo igual a - 0,2536 para as famílias, fato que se mostrou coerente com os outros estudos citados no trabalho de Labandeira (2012).

3. METODOLOGIA

Segundo Baltagi (2013), a metodologia de dados em painel consegue relacionar indivíduos, empresas, estados, países, entre outros. Contudo, existe a possibilidade do problema a heterogeneidade nessas unidades. Assim, é justamente o fato de a metodologia de dados em painel conseguirem utilizar a heterogeneidade de forma explícita, deliberando variáveis peculiares ao sujeito, que a torna interessante para este tipo de análise. Por conseguinte, os dados em painel são os mais adequados para analisar dinâmicos de alterações, como por exemplo: períodos de desemprego, mobilidade de mão de obra são examinados com mais excelência com a utilização do mecanismo de dados em painel. Isso porque, a união das séries temporais com cortes transversais possibilita os dados em painel, obter um número maior de observações, de modo que os estimadores tendem a serem mais eficientes do ponto de vista estatístico.

Além disso, a metodologia de dados em painel permite investigar e mensurar melhor os efeitos que simplesmente não podem ser observado em um corte transversal puro ou em uma série temporal pura. Ademais, quando se trata de uma base de dados muito grande, os dados em painel tendem a diminuir o viés que teria possibilidade de aparecer num estudo de indivíduos e empresas.

Para Gujarati (2011), o modelo de dados em painel é conjunto de dados combinados em dimensões tanto de série temporal (tempo, t) quanto de corte transversal (unidade, i), dessa forma, é possível observar as variações das variáveis ao longo do tempo e entre unidades ou grupos diferentes. O modelo de dados em painel possui alguns problemas técnicos, como por exemplo, problemas nos procedimentos de estimação, uma vez que envolvem tanto estudos de dimensões de tempo quanto de corte transversal.

Gujarati (2011) considera que o modelo de dados em painel trabalha com a combinação de série temporal e seção cruzada, utilizando dados de várias unidades medidas ao longo do tempo. Ou seja, considera-se um conjunto de dados com $i = 1, 2, 3, \dots, N$ unidades e $t = 1, 2, 3, \dots, T$ períodos de tempo. Sendo assim, o modelo econométrico geral para a aplicação da técnica de dados em painel é apresentado como:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + X'_{it}\beta + \mu_{it} \quad (1)$$

Tendo como base a reta de regressão supracitada as variáveis são: Y_{it} , que corresponde a variável dependente do modelo estudado, α_{it} que diz respeito ao intercepto, X'_{it} que corresponde ao vetor de variáveis independentes do modelo, β refere-se à matriz dos coeficientes angulares e μ_{it} é o termo de erro.

Holland (2005) explica dois principais modelos dentro de dados em painel:

“A análise de painel pode ser realizada para dois modelos básicos: i) modelo de efeitos fixos; e ii) modelo de efeitos aleatórios. Em ambos, pode-se pensar em uma especificação estatística ou dinâmica. O modelo de efeitos-fixos, também conhecido por abordagem variável dummy de mínimos quadrados (ou LSDV -Least Square DummyVariable), É uma generalização de um modelo constante-intercepto-inclinação para painel, introduzindo uma variável dummy para aos efeitos das variáveis omitidas, que permanecem constantes no tempo. Nesta especificação, os efeitos individuais podem ser livremente correlacionados com os demais regressores. Sua estimação e, na verdade, a própria estimação de um modelo de regresso múltipla com variáveis binárias para cada uma das N unidades de análise, tal que o acréscimo destas variáveis faz com que o intercepto da regresso seja diferente para cada uma destas unidades e capte as heterogeneidades existentes entre elas. O estimador de mínimos quadrados ordinários (OLS) ser um estimador consistente e eficiente do modelo e é chamado de LSDV (LeastSquaresDummy-VariableModel). A especificação do modelo de efeitos aleatórios trata os efeitos específico individuais como variáveis aleatórias. Neste modelo, supõe-se que não há correlação entre os efeitos individuais e as demais variáveis aleatórias. A sua estimação se daria através da utilização dos mínimos quadrados generalizados (GLS) [...]” (HOLLAND; XAVIER; 2005, p97).

Gujarati (2011) explica que se o objetivo for estimar um modelo de Efeitos Fixos, precisa-se de algumas proposições a serem assumidas em relação ao intercepto, coeficientes e termo de erro. Ou seja, o intercepto e os coeficientes angulares devem estar no estado estacionário no tempo e no espaço, bem como termo de erro. Dessa forma, consegue-se verificar as disparidades no período de tempo entre os indivíduos. O intercepto se altera entre os indivíduos, entretanto os coeficientes angulares mantêm determinada uniformidade. Existem variações no intercepto entre os indivíduos durante o tempo, contudo os coeficientes angulares são uniformes. E de

forma geral os coeficientes se alteram entre indivíduos e ambos (intercepto e coeficientes) se alteram entre indivíduos e ao longo do tempo.

Ao explicar efeitos aleatórios, Marques (2000) diz que:

“Os efeitos individuais da especificação anterior resultam de uma série de fatores individuais, constantes no tempo (embora esta restrição possa ser relaxada, como veremos) e não observáveis. Desta forma, talvez seja mais razoável tratá-los como se de termos de perturbação se tratassem, i.e., especificar os efeitos individuais, não de forma determinística, mas aleatória. A escolha de uma ou outra especificação pode e deve ser procurada nos pressupostos comportamentais de base. Assim, se crê que os efeitos individuais resultam de um grande número de fatores não aleatórios, a especificação com efeitos fixos é mais lógica. Para amostras de grande dimensão, o número de parâmetros a estimar, com efeitos fixos, pode ser relativamente elevado, pelo que uma especificação que relega as diferenças individuais para uma componente não sistemática, logo, não estimável, parece ser mais apropriada.

Este modelo de componentes de erro introduz a heterogeneidade individual no termo de perturbação que poderá ser dividido em duas partes: uma comum, com média nula e variância u^2 e uma individual, também com média zero, mas com variância u^2 e que se assumem independentes [...]” (MARQUES, 2000, p8).

3.2. Descrição e fonte de dados

Nesta subseção, tem-se como objetivo descrever as variáveis que compõe o modelo econométrico usado para estimar as relações entre os determinantes do consumo de energia elétrica nos 27 estados brasileiros no período de 2003 – 2016. Assim, têm-se:

- a) **Consumo de Energia Elétrica (Y):** Refere-se ao quanto de energia elétrica foi consumido no período de 2003-2016 nos 27 estados do Brasil, anualmente. O número é dado em MWH. Os dados foram obtidos a partir da soma do consumo de cada distribuidora por estado. Esses dados estão disponíveis em: http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSA

- b) **Preço médio ou tarifa média da Energia Elétrica (X₂):** Refere-se ao quanto é pago pelo consumo de energia elétrica anualmente. Tal dado foi obtido pela razão entre Receita Bruta (considerando impostos) das operadoras e a quantidade consumida de cada uma. Ressalta-se que os valores da Receita Bruta foram deflacionados com base nos dados do IPCA (IBGE) no período entre 2003 a 2015. Estas informações estão disponíveis em:
http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSA
- c) **Imposto (X₃):** Refere-se ao imposto que é embutido no pagamento das contas de energia elétrica pelas distribuidoras. Os dados foram analisados a partir da subtração entre o valor da tarifa média de fornecimento com Impostos tarifa e o valor tarifa média de fornecimento sem impostos. Os valores foram deflacionados com base nos dados do IPCA (IBGE) no período entre 2003-2016.
- d) **Produto Interno Bruto (X₄):** refere-se ao que foi produzido durante o período de um ano para os 27 estados do país. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>

3.3 Modelo Econométrico para mensurar a relação entre os determinantes do consumo de energia elétrica nos 27 estados do Brasil.

Devido as variáveis utilizadas na análise englobarem valores discrepantes (desde milhões referentes a quantidade consumida de energia elétrica em MWh, a valores bem menos expressivos, como a quantidade de imposto arrecadado pelo governo), optou-se por utilizar um modelo Log-Linear, conforme expresso na Equação 2: pois, este além de permitir suavizar os efeitos de tal discrepâncias de valores, facilita a interpretação dos dados e a análise pode ser feita em termos percentuais, ou elasticidades.

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_1 \ln X_{2it} + \beta_2 \ln X_3 + \beta_3 \ln X_4 + u_{it} \quad (2)$$

em que a variável dependente do modelo é o $\ln Y$ que se refere ao logaritmo da quantidade consumida de energia elétrica em MWh, nos estados i no período t . $\ln X_2$ refere-se ao logaritmo do preço médio de energia elétrica, nos estados i e no período t . $\ln X_3$ refere-se ao logaritmo da

quantidade de imposto arrecadado pelo governo, nos estados i no período t . $\ln X_{it}$ é o logaritmo que refere-se ao produto interno bruto(PIB), nos estados i no período t . Por fim, u_{it} é o termo de erro estocástico do modelo.

Vale ressaltar que para estimação da Equação (2) e obtenção dos resultados econométricos, foi utilizado o Software Econométrico *Gretl 1.1*. Em tempo, apresenta-se no Quadro 1, as relações esperadas entre os determinantes e o consumo de energia elétrica para os 27 estados do Brasil.

Quadro 1- Relação entre os parâmetros estimados para os determinantes da quantidade consumida de energia elétrica em MWh nos estados brasileiro, considerando o período de 2003 a 2016.

Parâmetros	Sinal esperado	Interpretação
α	+	<i>Consumo de energia elétrica em MWh.</i>
β_1	-	<i>A redução dos preços de energia elétrica, aumenta a quantidade consumida de energia elétrica em MWh.</i>
β_2	-	<i>Quanto menor for o valor dos impostos e maior será a quantidade consumida de energia elétrica em MWh.</i>
β_3	+	<i>Quanto maior for o PIB, maior será a quantidade consumida de energia elétrica em MWh.</i>

Fonte: Elaboração própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, expõem-se e discute-se os resultados econométricos desta pesquisa. Apresenta-se, inicialmente, as estatísticas descritivas da quantidade consumida de energia elétrica em MWh e seus determinante para os 27 estados brasileiro, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para estimar a relação entre os determinantes da demanda por energia elétrica considerando os estados brasileiros, período de 2002 a 2016.

Variável	Observações	Média	desvio-padrão	Mínimo	Máximo
LnY	27	15,47	1,228	12,78	18,40
<i>LnX₂</i>	27	6,173	0,3154	5,373	8,783
<i>LnX₃</i>	27	4,759	0,5401	3,291	7,954
<i>LnX₄</i>	27	17,87	1,332	14,77	21,44

Fonte:Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa.

Nota: em que a variável dependente do modelo é o LnY que se refere ao logaritmo da quantidade consumida de energia elétrica em MWh. *LnX₂* refere-se ao logaritmo do preço médio de energia elétrica. *LnX₃* refere-se ao logaritmo da quantidade de imposto arrecadado pelo governo. *LnX₄* é o logaritmo que refere-se ao produto interno bruto(PIB).

Conforme foi analisado, verifica-se que na Tabela 1, em termos médios e considerando valores percentuais, que o consumo de energia para o período analisado, observou-se que o consumo médio de energia elétrica no Brasil, foi de aproximadamente 5.230.408,81 MWh, visto que o consumo de energia elétrica industrial é de 962.456.474,39, o consumo de energia elétrica residencial é de 1.661.075.133,90, o consumo de energia elétrica pelo poder e serviço público é de 336.459.914,44, o consumo de energia elétrica comercial e de outros serviços é de 922.012.331,95 e o de consumo de energia elétrica rural é de 263.888.914,31. Quanto ao preço (X_2) notou-se que o valor médio pago pelos consumidores foi de aproximadamente R\$479,62 por MWh. Em relação aos impostos (X_3) pagos pelos consumidores observou-se um valor de R\$ 116,63 por MWh. Por fim, quanto ao PIB notou-se que em média, o valor da produção bruta, considerando os 27 estados foi de aproximadamente R\$57.655.718,89 por MWh. Na Tabela 2, apresenta-se o resumo das estimativas obtidas por: EF, MQO e EA.

Tabela 2- Resumo das estimativas de Efeitos Fixos (EF), *pooled* (MQO) e Efeitos Aleatórios (EA) para a relação entre o consumo de energia elétrica no Brasil e seus determinantes, período de 2003 a 2016.

Variável	Efeitos fixos	MQO	Efeitos Aleatórios
CONSTANTE	8,704173 ***	-1.5058118***	6,7954638***
LnX_2	-0,0705513**	-0, 16006904*	-0,01511761
LnX_3	-0,0080885	.02141864	-0,00844778
LnX_4	0,40490599***	0,88863404***	0,49264616***
R^2	0,75 (Within)	0,93	0,74 (Within)

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa.

Nota1: em que a variável dependente do modelo é o LnY que se refere ao logaritmo da quantidade consumida de energia elétrica em MWh. LnX_2 Refere-se ao logaritmo do preço médio de energia elétrica. LnX_3 refere-se ao logaritmo da quantidade de imposto arrecadado pelo governo. LnX_4 é o logaritmo que refere-se ao produto interno bruto (PIB).

Conforme Tabela 2, notou-se que, de modo geral, os modelos em termos de significância estatística apresentaram resultados semelhantes, então reforça a necessidade de se aplicar os testes para a escolha de qual o melhor modelo. Assim, segundo o teste de Chow (o resultado encontra-se na tabela seguinte), rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que o melhor modelo é o de efeito fixo. Com base no teste de Hausman, também rejeita-se a hipótese nula o que indica que o melhor modelo é o de efeito fixo. Logo, apresenta-se na Tabela 3, os resultados estimados por efeito fixo.

Tabela 3- Resultados dos coeficientes estimados por Efeitos Fixo para a relação entre o consumo de energia elétrica no Brasil e seus determinantes, período de 2003 a 2016.

	Coeficiente	erro – padrão	P> z
Constante	8,704173 ***	0,6389315	0.000
<i>LnX₂</i>	-0,0705513 ***	0,0224418	0.004
<i>LnX₃</i>	-0,0080885 NS	0,0217642	0,713
<i>LnX₄</i>	0,404906 ***	0,0322114	0,000
Teste F (teste de significância conjunta dos regressores) = 1.024,19 ***			
Teste de Chow (teste F) = 96,79 ***		Teste de Hausman= 103.52 ***	
Teste de Autocorrelação (DW)= 0,0584 *		Teste de normalidade= 0,4455 NS	

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa.

Nota 1: em que a variável dependente do modelo é o LnY que se refere ao logaritmo da quantidade consumida de energia elétrica em MWh. *LnX₂* refere-se ao logaritmo do preço médio de energia elétrica. *LnX₃* refere-se ao logaritmo da quantidade de imposto arrecadado pelo governo. *LnX₄* é o logaritmo que refere-se ao produto interno bruto(PIB).

Nota 2: (***) refere-se a significativo a 1% de significância estatística; (**) refere-se a significativo a 5% de significância estatística; (*) refere-se a significativo a 10% de significância estatística; e, (NS) refere-se a não significativo do ponto de vista estatístico.

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se na tabela 3 que os parâmetros que foram estimados são significativos a 10%, exceto os impostos, e também são significativas a partir do teste de significância conjunta dos regressores, o teste F. Dado um aumento de 1% no nível de preços da energia elétrica, há uma redução de 0,0705% no consumo de energia elétrica, tudo mais mantido constante. Neste modelo também verifica-se que dado um aumento de 1% no imposto, há um redução de 0,0081% no consumo de energia elétrica, tudo mais mantido constante. Por fim, um aumento de 1% no PIB gerará um aumento de 0,4049% no consumo de energia elétrica tudo mais mantido constante. Verifica-se também na Tabela 3, o teste de Durbin Watson que explica se há ou não autocorrelação no modelo estudado, neste caso, o valor de 0,0584 é significativo a 10%, logo, o há um problema de autocorrelação, o que evidencia que o modelo que tem a presença de autocorrelação. Para que esse problema fosse resolvido, o modelo foi corrigido através de erros-padrão robustos.

5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como principal objetivo analisar e mensurar o consumo de energia elétrica e os seus determinantes, considerando os 27 estados brasileiros no período de 2003-2016. Utilizou-se a metodologia de dados em painel para a estimação do modelo econométrico e revisão bibliografia sobre o tema para concluir o objetivo inicial.

Os resultados obtidos estão em conformidade com o modelo econométrico proposto que foi construído com base na revisão de literatura. As variáveis estudadas, exceto os impostos, impactam no consumo de energia elétrica nos 27 estados brasileiros durante o período de 2003-2016. Principalmente, o produto interno bruto que evidencia que o crescimento econômico por elevar a renda da população permitindo o consumo de eletrodomésticos e eletroeletrônicos que por sua vez aumentam o consumo de energia elétrica.

Dessa forma, observou-se que um aumento nos níveis de preço (X_2), gerou uma redução no consumo de energia elétrica, visto que segundo a literatura estudada em níveis de preço elevados, há uma tendência de inibição do consumo de energia elétrica, porque um aumento no nível de preços do mês anterior, fará com que as pessoas reduzam o consumo de energia elétrica. E, que o aumento dos impostos (X_3), gerou também uma redução no consumo de energia elétrica. Por fim, o Produto interno bruto (X_4), foi analisado a partir de uma relação positiva e diretamente proporcional com o consumo de energia elétrica, dado um período de crescimento econômico, as pessoas se disponibilizam a consumir uma maior quantidade de energia elétrica.

Por fim, Cabe destacar que, tais resultados também ressaltam a importância de que sejam pensadas ações para melhoria da infraestrutura elétrica no país, sob pena de futuros apagões e consequente aumento nos custos produtivos que evidenciam aumento no preço da energia elétrica e perdas bem-estar social.

6. BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. – Brasília: ANEEL, 2005.

Agência Nacional de Energia Elétrica –ANEEL. **Relatório SAS:**

RelSAMPClasseConsNivel. 2016. Disponível em:

http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPClasseConsivel.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FDispForm%2Easpx%3FID%3D26&DefaultItemOpen=1.

ANDRADE, Thompson A. LOBÃO, Waldir J. A. **Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil**. Texto para Discussão N° 489. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro. Junho de 1997.

BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**. Editora Wiley; 5ª Ed, 2013.

Carvalho, J.F.. **O Espaço da Energia Nuclear no Brasil. Estudos Avançados** (USP. Impresso), v. 26, 2012.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. **O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002**. 2008.

GUJARATI, D. N.; P, D. C. **Econometria Básica-5**. McGraw Hill Brasil, 2011.

GOMES, Ludmila de Sá Fonseca e. **A demanda por energia elétrica residencial no Brasil: 1999 – 2006**. Uma estimativa das elasticidades preço e renda por meio de painel. Dissertação (mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo de Ribeirão Preto – USP. Ribeirão Preto. 2010.

HOLLAND. Márcio; XAVIER Clésio Lourenço. **Dinâmica e competitividade setorial das exportáveis brasileiras: uma análise de painel para o período recente**. Economia e Sociedade, Campinas, v.14, n. 1 (24), p 85-108, jan./jun.2005.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M.; LÓPEZ-OTERO, X. **Estimation of elasticity price of electricity within complete information**. *Energy Economics*, v. 34, n. 3, p. 627-633, 2012.

MARQUES, Luís David **Modelos Dinâmicos com Dados em Painel**: revisão de literatura. 2000.

MILONE, P. C. Crescimento e desenvolvimento econômico: teoria e evidências empíricas. **Manual de Economia**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MODIANO, E. M.. **Elasticidade-renda e preço da demanda de energia elétrica no Brasil**. 1984. Texto para discussão n° 68, Departamento de economia - PUC/RJ.

OLIVEIRA, Renato Alves de; MACHOSKI, Eduarda. **Estimativa da demanda por energia elétrica nas indústrias do Brasil**: uma análise de série temporal.

SIMABUKULO, L. A. N.. **Energia, Industrialização e Modernidade - História Social**. 2006.

SIQUEIRA, M. L; HOLLANDA, H. A Demanda Setorial por Energia Elétrica no PósRacionamento de 2001: Previsões de Longo Prazo para o Nordeste Brasileiro. In: X Encontro Regional de Economia. Anais. Fortaleza, 2005.