



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



Impactos do Mercado Livre de Energia Elétrica no Brasil: Uma Análise Econométrica nas Tarifas do Mercado Cativo

Flávio Gomes Cardoso – flavio.cardoso@ufu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU - UBERLÂNDIA

Kárem Cristina de Sousa Ribeiro - kribeiro@ufu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU - UBERLÂNDIA

ÁREA: 7. ENGENHARIA ECONÔMICA

SUBÁREA: 7.1 - GESTÃO ECONÔMICA

RESUMO: O BRASIL ENFRENTOU CRISES NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA, INCLUINDO APAGÕES, QUE AFETARAM A CREDIBILIDADE DO GOVERNO. EM RESPOSTA, FOI IMPLEMENTADO UM NOVO MODELO ELÉTRICO EM 2004, VISANDO SEGURANÇA PÚBLICA, MODICIDADE E UNIVERSALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA. ESTE ESTUDO INVESTIGA COMO O CRESCIMENTO DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA TEM IMPACTADO AS TARIFAS DOS CONSUMIDORES CATIVOS. UTILIZANDO DADOS DE 2013 A 2023 DA ABRACEEL, ANEEL, CCEE E EPE, APLICOU-SE UMA METODOLOGIA QUANTITATIVA PARA ESTABELECEER RELAÇÕES ECONOMÉTRICAS ENTRE TARIFAS NO MERCADO CATIVO, NÚMERO DE CONSUMIDORES NO MERCADO LIVRE E PREÇOS PRATICADOS NESTE MERCADO. A PESQUISA MOSTRA QUE O MERCADO DO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO CATIVO/REGULADO E O MERCADO DO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE NÃO SÃO INDEPENDENTES, POIS AS VARIÁVEIS DE CADA MERCADO TIVERAM RELAÇÕES ESTABELECIDAS, COM SIGNIFICÂNCIA PELO ESTUDO. A PARTIR DESSES RESULTADOS, HÁ UMA OPORTUNIDADE DE FUTUROS ESTUDOS PARA QUE SE OBTENHA OS IMPACTOS GERADOS PELO CRESCIMENTO DO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE FRENTE AO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO REGULADO/CATIVO NO FATURAMENTO DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS TRADICIONAIS REGIONAIS DE ENERGIA ELÉTRICA DO MERCADO REGULADO.

PALAVRAS-CHAVES: AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO CATIVO. AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE. ENERGIA ELÉTRICA

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passou por uma crise no setor de energia elétrica no período de quedas de energia e os “apagões”, ocasionando uma perda de credibilidade do governo, contribuindo em 2004 para estimular um Novo Modelo Elétrico que objetivava a segurança pública, a modicidade e a universalização da energia elétrica no país. Essa nova proposta dividiu o mercado em dois ambientes, o já utilizado ambiente de contratação regulada e o novo ambiente de contratação livre (Nogueira; Bertussi, 2019).

O mercado regulado ocorre quando a venda de energia elétrica para concessionárias e permissionárias de distribuição de energia é realizada por meio de leilões públicos, sendo a tarifa regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica, enquanto, pela outra forma, no mercado livre, a operação de compra e venda de energia elétrica é feita por contratos bilaterais com preços negociados entre geradores, comercializadores e consumidores. Os consumidores do mercado regulado contratam o fornecimento de energia apenas da distribuidora que estão conectados, sendo cativos, enquanto no mercado livre os consumidores têm a liberdade para contratar diretamente com o seu fornecedor de energia escolhido, existindo uma competição de oferta (Santos, 2020).

Diversos países liberalizaram e descentralizaram parte de seu mercado de energia elétrica, sendo que esse modelo possibilitou ao cliente o poder de escolher o fornecedor de energia, adaptando às suas necessidades e preferências. Essa mudança trouxe uma inovação e flexibilidade na precificação e nos serviços oferecidos aos clientes. Essa flexibilidade de fornecimento de energia elétrica, tanto da oferta quanto da demanda, tem se mostrado uma necessidade em vários países que têm vivenciado as incertezas no preço do combustível, crescimento na produção variável de energia renovável e maior variabilidade de carga (do Prado *et al.*, 2019).

A abertura de mercado de energia elétrica no Brasil, com a entrada do mercado livre, teve como premissa a garantia de fornecimento seguro de energia, atração de investimentos, financiamento e serviços acessíveis, tendo, dessa forma, melhor qualidade e preço dos serviços, com vista ao surgimento de um mercado justo e claro (Burin; Siluk; Rosa, 2022).

Consumidores têm migrado das companhias tradicionais no mercado cativo para o mercado livre, tendo em vista que nesta opção há a possibilidade de negociação das melhores condições de contratação de energia, como preço, volume, prazo, garantias e reajustes e principalmente, a previsibilidade dos gastos (Teberge, Sodré, 2019).

Com vista à discussão trazida por esses autores, a seguinte questão de pesquisa emerge:

“Como o crescimento do mercado livre de energia elétrica impactou e vem impactando as tarifas dos consumidores cativos/regulados?”

Com essa questão de pesquisa em foco, o objetivo do estudo consiste em investigar a relação entre as tarifas de energia elétrica do mercado cativo com o crescimento do número de consumidores livres e aos preços praticados no mercado livre de energia.

A pesquisa se dará com coleta de dados secundários, a partir de uma metodologia quantitativa, para uma busca de uma relação econométrica entre os preços do mercado livre de energia e as tarifas dos consumidores cativos/regulados regionais e com a migração de consumidores para o mercado livre. As informações públicas foram baixadas da Associação brasileira dos comercializadores de Energia ABRACEEL, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE e da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, no período de 2013 a 2023, das variáveis tarifas da energia elétrica no mercado cativo (dependente) e das variáveis independentes: consumidores no mercado livre de energia elétrica e preços praticados no mercado livre de energia elétrica.

O artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. Na próxima seção traz-se o referencial teórico e, logo na seção seguinte, a metodologia utilizada e os resultados encontrados, por fim as considerações finais sobre o trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As reformas no setor de energia representam uma mudança significativa no modelo convencional de monopólio estatal na geração, transmissão e distribuição de energia. A reforma geral desse modelo começou no Chile em 1982, com o General Pinochet e, desde então, muitos países seguiram esse caminho. Até 2013, 127 dos 142 países em desenvolvimento haviam dado pelo menos um passo em direção à reforma do setor de energia (Urpelainen & Yang, 2019).

Urpelainen e Yang (2019) propuseram uma diferenciação entre dois tipos de reformas no setor elétrico: as reformas híbridas e as reformas do "livro didático". As reformas híbridas mantêm a propriedade pública dos principais ativos do setor elétrico, mas introduzem mudanças na gestão, como corporatização, produtores de energia independentes e agências reguladoras independentes. Por outro lado, as reformas do "livro didático" envolvem a privatização e a liberalização da concorrência, permitindo que investidores privados participem do setor.

Outras Pesquisas analisaram a viabilidade da migração do mercado cativo para o mercado livre no Brasil: Burin et al. (2022), Teberge e Sodré (2019), Costa et al. (2019), Santos (2020) e outras estudaram mercado de energia em outros países: Jin et al. (2020) na China, Urpelainen e Yang (2019) em vários países, Mulder e Willems (2019) na Holanda, do Prado et

al. (2019) no mercado como um todo, Fotouhi Ghazvini et al. (2019) em Portugal, Poudineh (2019) no Reino Unido e Vlado et al. (2021) na Grécia.

Alguns desses estudos em suas sugestões de pesquisas futuras sugeriram pesquisas para entender e explicar os impactos após a entrada do mercado livre de energia no país, após as reformas, uma vez que o debate sobre os méritos da privatização e liberalização do setor permanece inconclusivo (Urpelainen & Yang, 2019), já que no reino unido, referência mundial dessa reforma, após 20 anos de mercado livre de energia elétrica, constatou-se que o modelo original falhou em atingir seus objetivos e não acompanhou as mudanças tecnológicas, preferências dos consumidores e a transição energética (Poudineh, 2019). Argumenta-se a necessidade de reformas fundamentais, por lá, para conciliar a concorrência com a proteção do consumidor e permitir o crescimento da descentralização no mercado livre (Poudineh, 2019).

Ribeiro et al., (2023) discutiram os aspectos técnicos e econômicos dos mercados de eletricidade no atacado, comparando diferentes estruturas de mercado internacionais e sugerindo melhorias para o mercado brasileiro. A Crise de 2001-2002 foi causada por falta de expansão rápida da geração, levando a um racionamento e à segunda reforma em 2004, a qual introduziu um mercado com contratos financeiros obrigatórios e leilões públicos para compra de eletricidade, focando na segurança do fornecimento a longo prazo (Ribeiro *et al.*, 2023).

De Freitas Machado, (2024) utilizou regressões lineares para analisar a eficácia e o impacto do Programa de Bandeiras Tarifárias de Eletricidade do Brasil. O autor analisou a relação entre o custo marginal de operação (CMO) como variável dependente e usou como variáveis independentes as bandeiras tarifárias (verde, amarela, vermelha), consumo de energia, condições hidrológicas, custos de geração térmica (de Freitas Machado, 2024).

H. P. Burin et al., (2023) concentraram-se na situação atual do mercado de eletricidade no país, destacando os desafios e oportunidades associados à liberalização do mercado e ao acesso dos consumidores residenciais a esse mercado. O foco principal desses autores foi na análise das barreiras, no papel dos diferentes agentes do setor elétrico (Nível Governamental, Nível de Mercado e Nível Sociedade) e nas recomendações para promover uma transição bem-sucedida para um mercado de energia elétrica mais liberalizado no Brasil, incluindo os consumidores residenciais.

Daglish et al., (2021) examinaram as reformas no mercado de eletricidade do Brasil em 2004 e seus impactos, utilizando um modelo teórico e uma análise empírica. Para esses autores o mercado era predominantemente hidrelétrico e caracterizado por contratos bilaterais negociados no mercado futuro. Em 2004, uma reforma parcial substituiu parte desse sistema por uma compensação centralizada de posições futuras, visando estabilizar os preços da

eletricidade. Os autores mostram que, embora as reformas tenham diminuído a volatilidade em algumas regiões e estados, o mercado tornou-se mais propenso a entrar em um estado de preço elevado e a permanecer nesse estado por um período prolongado (Daglish et al., 2021).

Hochberg e Poudineh, (2021) também analisaram a estrutura atual do mercado de eletricidade no Brasil, destacando suas principais características, deficiências e implicações para o futuro. Para um mercado sustentável a longo prazo, é necessário um equilíbrio entre os objetivos de política pública e as dinâmicas de mercado, que considerem as preferências dos consumidores e minimizem os riscos transferidos para eles. Isso implica em ajustes na estrutura atual para enfrentar os desafios de confiabilidade, sustentabilidade e preferências do consumidor de maneira integrada e eficiente (Hochberg & Poudineh, 2021).

Campos et al., (2020) apresentam uma análise histórica e crítica do setor elétrico brasileiro, destacando as principais reformas e crises que marcaram sua trajetória. Segundo os autores, elas começam em 1990, quando as diretrizes do Banco Mundial foram incorporadas ao plano de governo de Collor, incluindo reformas fiscais, abertura para importações, redução do aparato estatal e um programa de privatização robusto. No entanto, o impeachment de Collor resultou no fracasso do Plano Nacional de Desestatização (PND). Com o Plano Real em 1994, as privatizações no setor elétrico retornaram à agenda sob Itamar Franco e Fernando Henrique Cardoso. Em 1996, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para regulamentar o mercado, permitindo a introdução da livre concorrência na geração e comercialização de energia. A primeira reforma significativa ocorreu nos anos 1990, com a Lei nº 8.631/1993 e o Decreto nº 774/1993, que reestruturaram tarifas e promoveram a privatização de distribuidoras de energia. A criação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) em 1998 foi um marco, assumindo a responsabilidade pela operação do Sistema Interligado Nacional (SIN). No entanto, a transição para um mercado competitivo enfrentou desafios, como a dificuldade de planejamento da expansão e a falta de investimentos privados, exacerbados pela desvalorização cambial de 1999. A crise de oferta no setor elétrico se materializou no início de 2001, levando o governo a instituir a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) e a implementar um programa de racionamento de eletricidade. A falta de investimentos privados levou o governo federal a desenvolver o Programa Prioritário de Termelétricas (PPT) para aumentar a geração de energia. No entanto, a desconfiança dos investidores impediu uma participação significativa do setor privado, com a Petrobras assumindo a liderança na construção das plantas termelétricas. Com o fim do racionamento e a eleição de Luiz Inácio Lula da Silva, novas mudanças foram implementadas. A segunda reforma visava garantir a segurança do suprimento elétrico, tarifas razoáveis e inclusão social. Foram criados a Empresa

de Pesquisa Energética (EPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). O Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) foi substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que passou a administrar os contratos bilaterais e o mercado de curto prazo. O neodesenvolvimentismo entrou em crise após o impeachment de Dilma Rousseff em 2016, dando lugar a um projeto de reforma neoliberal ortodoxo. A Nota Técnica nº 5 de 2017 propôs uma nova reforma focada na priorização do mercado e no enfraquecimento das estruturas públicas de planejamento e regulação. Este movimento de contrarreforma pode aumentar a vulnerabilidade do setor elétrico, tornando-o mais suscetível a riscos como escassez de energia, imprevisibilidade tarifária, subdesenvolvimento tecnológico e degradação ambiental (Campos et al., 2020).

Soares e Costa, (2023) ofereceram uma perspectiva histórica e detalhes sobre a evolução do setor de energia elétrica no Brasil. Os Autores analisaram a crise hídrica de 2001, no Brasil, e destacam a importância de aprender com a crise de energia de 2001 e implementar medidas preventivas para evitar eventos similares no futuro.

Castro et al., (2023) abordaram os desafios e complexidades envolvidos na reformulação do mercado de energia elétrica no país, com foco na transição para um modelo de formação de preços por oferta. Os Autores ofereceram uma análise abrangente dos desafios e considerações necessárias para a reformulação do mercado de energia elétrica no Brasil, apresentando recomendações para orientar esse processo de transição (Castro; Borges; Simone, 2023).

Dantas e Castilho, (2023), com foco na recente privatização da Eletrobrás, viram uma continuação das reformas do setor elétrico brasileiro. Examinaram o histórico e as implicações do controle privado das redes de energia elétrica no Brasil. Para esses autores desde o final do século XIX, a participação da iniciativa privada no setor tem evoluído, passando por fases de estruturação, expansão e, mais recentemente, privatização. Atualmente, o controle privado é predominante, com poucas empresas estatais ou de economia mista. A privatização da Eletrobras representa um passo adicional nesse processo. Além disso, o controle privado levanta preocupações sobre a soberania nacional e a segurança do país, especialmente diante da atuação de corporações multinacionais no setor elétrico brasileiro. Para os autores, experiências de privatização em outros países, como Alemanha e França, foram marcadas por fracassos, levando à tendência de reestatização em alguns casos. Eles destacam a importância do setor elétrico brasileiro como uma rede técnica essencial para o país e alertam para os riscos e implicações do crescente controle privado sobre essa infraestrutura crucial para o desenvolvimento socioeconômico e a soberania nacional (Dantas; Castilho, 2023).

Abrahão e Souza, (2021) fizeram uma análise abrangente dos determinantes do consumo de eletricidade residencial no Brasil e destacam a necessidade de políticas energéticas mais sofisticadas e integradas para lidar com os desafios atuais e futuros. Esses autores investigaram os fatores que contribuíram para o aumento do consumo de eletricidade residencial no Brasil entre 2000 e 2018. A pesquisa utilizou uma abordagem de análise de decomposição de índice para examinar dados de painel de cinco regiões do país, ao longo de 19 anos (Abrahão & Souza, 2021).

Almeida et al., (2022) ofereceram uma análise abrangente da crise de energia elétrica que ocorreu no Brasil em 2001, com ênfase na identificação de estratégias para prevenir eventos semelhantes no futuro. Ressaltam que essa crise de 2001 foi marcada por um desequilíbrio entre oferta e demanda de eletricidade, resultando em apagões e em falta de energia elétrica em todo o país. Avaliaram eventos posteriores que indicam a persistência de vulnerabilidades no setor elétrico brasileiro, como, eventos de baixa precipitação e atrasos em projetos de transmissão, de 2014 e 2015, e levantaram preocupações semelhantes à crise de 2001 (Almeida et al., 2022).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

O objetivo do estudo consiste em investigar a relação entre as tarifas de energia elétrica do mercado cativo com o crescimento do número de consumidores livres e aos preços praticados no mercado livre de energia.

Para isso, a metodologia utilizada foi propor uma relação quantitativa econométrica, via regressão linear, para relacionar a variável: tarifa da energia elétrica no mercado do ambiente de contratação cativo/regulado (dependente) com as variáveis independentes: consumidores no mercado do ambiente de contratação livre e preços praticados no mercado do ambiente contratação livre. Além disso, as seguintes hipóteses foram levantadas:

H1: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado pode ser relacionado positivamente ao número de consumidores que migraram para o mercado livre.

H2: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado tem relação negativa com a queda de preços do mercado livre de energia, sendo uma compensação pela migração.

H3: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado pode ser relacionado a simultaneamente ao número de consumidores que migraram para o mercado livre e ao preço praticado no mercado livre.

A escolha dessas variáveis se deve ao fato de que elas estão publicamente disponíveis, como dados disponibilizados nacionalmente e por região e puderam ser recolhidas para análise da Associação brasileira dos comercializadores de Energia ABRACEEL, da Agência Nacional

de Energia Elétrica - ANEEL e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE e da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, de 2013 a 2023.

Nesse contexto, as variáveis a tabela 1 que ligam os dois mercados, o mercado cativo e o mercado livre, foram selecionadas para esse estudo para a análise de relação quantitativa, entre elas. Essas variáveis foram usadas na busca por relações usando seus valores originais disponibilizados.

Quadro1: Variáveis de estudo

Tarifas mercado cativo	Dependente
Consumidores livres	independente
Preços mercado livre	independente

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Naquelas fontes mencionadas, para cada uma das variáveis da tabela 1, foram obtidos o histórico de dados mensal e, com isso, foram coletados 124 valores de informações, sendo esse o tamanho das amostras usadas para as regressões no Software Stata, escolhido para o presente estudo.

Dadas as variáveis, uma forma razoável de relação entre a resposta Y e o regressor X é a relação linear

$$Y = \alpha + \beta X \quad (1) \quad \text{Onde } \alpha \text{ é o intercepto e inclinação } \beta.$$

O conceito da análise de regressão tenta encontrar a melhor relação entre Y e X, quantificando a força dessa relação, e usando métodos que permitam a previsão dos valores da resposta Y para valores dados do regressor X. (Walpole, R., Myers, R., & Myers, S. Ye, K.).

Em muitas aplicações, haverá mais de um regressor (ou seja, mais de uma variável independente que ajuda a explicar Y).

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (2) \quad (\text{Walpole et al., 2008}),$$

Com essa referência teórica, os dados e as informações obtidas foram analisados quantitativamente, usando o software Stata, para determinar as regressões entre as variáveis da tabela 1. No Stata, o modelo regressão simples da equação (1) e o modelo regressão múltipla da equação (2) foram aplicados às variáveis da tabela 1, visando estabelecer relação entre essas variáveis de interesse.

Com aquela referência em tela, e a adaptando para o estudo, os modelos de regressão linear simples da equação (3) e da equação (4), assim como os modelos de regressão múltipla da equação (5) foram propostos e testados no sentido de quantificar relação entre as variáveis da tabela 1.

Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta$ *Consumidores livres (3),

Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta$ * Preços mercado livre (4),

Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta_1$ *Consumidores livres + β_2 * Preços mercado livre (5).

Esses modelos de regressões foram aplicados, considerando a variável Tarifas mercado cativo, como dependente e cada uma das demais variáveis de interesse nesse estudo, como independentes. Regressões com nível de significância relevante $P > |t|$ de 5%, 1%, 0,1%, 0,01% ou menores serão usadas para demonstrar que as variáveis de estudo estão diretamente relacionadas e para a comprovação das hipóteses.

Nesse contexto, com base no referencial teórico, no modelo quantitativo e com os objetivos do trabalho, o seguinte passo a passo metodológico foi elaborado:

Quadro 2: Procedimentos metodológicos

Passo Metodológico	Variável de interesse
1. Obter, mensalmente valores históricos da variável independente: Consumidores livres.	Consumidores livres
2. Analisar os dados históricos dessa variável	Consumidores livres
3. Obter, mensalmente, os preços históricos e vigentes históricos da variável independente: Preços mercado livre.	Preços mercado livre
4. Obter, mensalmente, os valores históricos da variável dependente: Tarifas mercado cativo	Tarifas mercado cativo
5. Relacionar os dados dessas variáveis nos modelos econométricos no Stata através das regressões lineares e determinar as relações com significância: Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta$ *Consumidores livres (3), Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta$ * Preços mercado livre (4), Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta_1$ *Consumidores livres + β_2 * Preços mercado livre (5).	Consumidores livres Tarifas mercado cativo Preços mercado livre

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Na próxima seção traz-se as regressões, com os resultados obtidos.

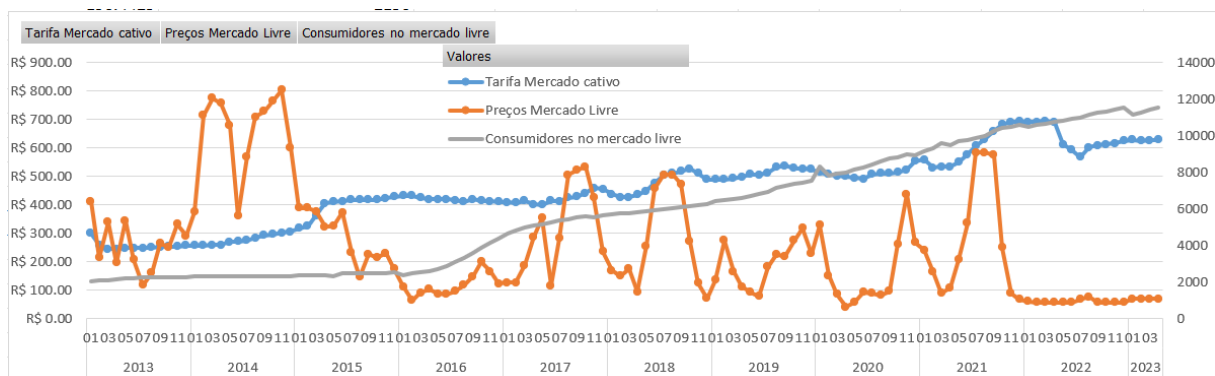
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo do estudo consistiu em investigar a relação entre as tarifas de energia elétrica do mercado cativo com o crescimento do número de consumidores livres e aos preços praticados no mercado livre de energia.

Apresenta-se, a seguir, os dados encontrados pela pesquisa. Os dados foram obtidos da Associação brasileira dos comercializadores de Energia ABRACEEL, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE e da Empresa de Pesquisa Energética – EPE.

A figura 1 traz um gráfico dos dados obtidos. O tamanho das amostras nas regressões foi de dados de 124 meses.

Figura 1: representação gráfica dos dados coletados

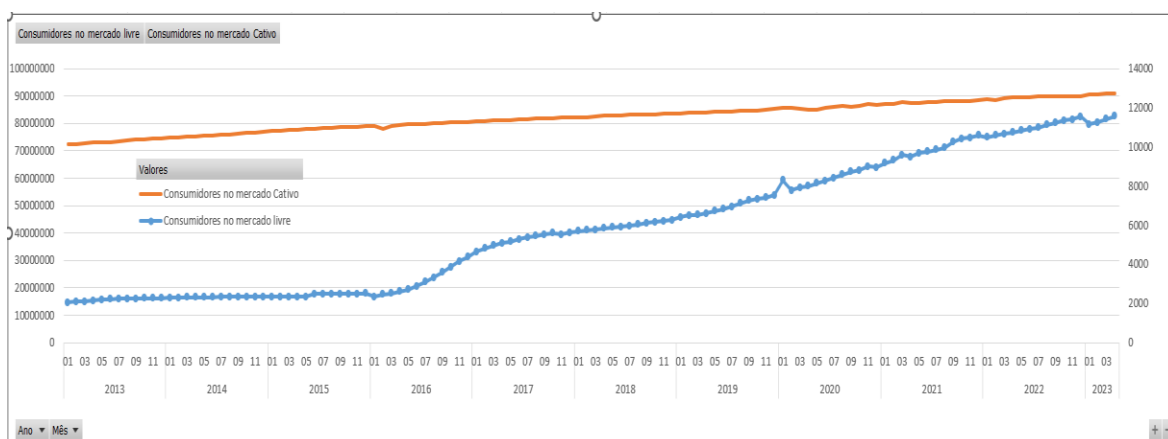


Fonte: Elaborado pelo autor (2024). Eixo direito: consumidores no mercado livre

A figura 2, mostra a dimensão do mercado do ambiente de contratação livre (eixo da direita) em comparação ao ambiente de contratação cativa/regulada (eixo da esquerda), em termos de consumidores. Ela evidencia que a migração para o mercado livre aconteceu para uma minoria de consumidores frente a grande massa de consumidores cativos ainda vinculados às suas distribuidoras fornecedoras regionais.

Esse resultado está em linha com Nogueira & Bertussi, (2019), quando em 2017, o Ambiente de Contratação Regulada continha a maior parcela (68,5%) da energia contratada e consumida por consumidores cativos. Em 2023, o percentual do mercado cativo reduziu para 62% do mercado, mais ainda é a maior que os 38% dos consumidores livres (Abraceel).

Figura 2: representação gráfica da migração para o ambiente de contratação livre



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) consumidores cativos eixo esquerdo, consumidores livres eixo direito

A figura 3, a figura 4 e a figura 5 resumem as informações das regressões lineares realizadas.

Figura 3: Regressão Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta * \text{Consumidores livres}$ (3):

Tarifa Mercado cativo	Coefficiente	Std. Error	t	P > t
Consumidores livres	.0318309	.0021251	14.98	0.000
_cons	276.6446	13.69814	20.20	0.000
Nº de Observ.				124
F(1, 122)				224.36
Prob>F				0.000
R-squared				0.6478
Adj R-squared				0.6449
Root MSE				74.058

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) pelo Stata.

Com esse resultado, a variável de interesse Tarifas mercado cativo está em relação direta com a variável Consumidores livres, com isso, a hipótese H1 está validada.

É interessante observar que esse resultado sugere que a saída/migração de consumidores do mercado cativo/regulado para o mercado livre causa aumento das tarifas para os consumidores que permaneceram cativos no mercado cativo/regulado, como o aumento das tarifas fosse para compensar as empresas do mercado cativo/regulado as perdas geradas pela migração de seus grandes consumidores para o mercado livre.

Em linha com Nogueira & Bertussi, (2019), se o consumidor não é um consumidor livre, o consumidor é chamado cativo, ou seja, aquele que fica sujeito aos preços e regulamentos da distribuidora da sua região. O resultado da equação (6) mostra que os consumidores cativos estão sujeitos a ter esse repasse de preços, pela sua distribuidora.

Figura 4: Regressão Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta * \text{Preços mercado livre}$ (4):

Tarifa Mercado cativo	Coefficiente	Std. Error	t	P > t
Tarifa Mercado Livre	-.2959846	.0513379	-5.77	0.000
_cons	530.6264	16.31404	32.53	0.000
Nº de Observ.				124
F(1, 122)				33.24
Prob>F				0.000
R-squared				0.2141
Adj R-squared				0.2077
Root MSE				110.620

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) pelo Stata.

Com esse resultado, a variável de interesse Tarifas mercado cativo está em relação inversa com a variável Preços mercado livre, ou seja, enquanto as tarifas caem no mercado livre, essa redução provoca segundo a equação (7) um aumento das tarifas no mercado cativo/regulado, com isso, a hipótese H2 está validada.

Como o um dos pressupostos da criação do mercado livre de energia no Brasil era a obtenção de serviços acessíveis (Burin et al., 2022), a equação (7) mostra que desde a criação do mercado livre uma relação de preços inversa se estabeleceu.

O Preço da energia caiu no mercado livre, mas vinculado a um aumento da tarifa no mercado cativo/regulado. Uma vez que o acesso ao mercado livre sempre foi controlado, com novas leis e regulamentos e a burocracia que ainda são obstáculos para a migração do mercado regulado ao mercado livre (Burin et al., 2022), o aumento das tarifas no mercado cativo/regulado atinge a maioria dos consumidores em detrimento da queda de preços do mercado livre para poucos consumidores, estando o sistema todo penalizando os consumidores cativos.

Figura 5: Regressão Tarifas mercado cativo = $\alpha + \beta_1 \cdot \text{Consumidores livres} + \beta_2 \cdot \text{Preços mercado livre}$ (5):

Tarifa Mercado cativo	Coefficiente	Std. Error	t	P > t
Consumidores livres	.0289459	.0021205	13.65	0.000
Tarifa Mercado Livre	-.1403792	.0342947	-4.09	0.000
_cons	328.2876	18.03752	18.20	0.000
Nº de Observ.				124
F(1, 122)				135.04
Prob>F				0.000
R-squared				0.6906
Adj R-squared				0.6855
Root MSE				69.694

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) pelo Stata.

Com esse resultado, a variável de interesse Tarifas mercado cativo está em relação inversa com a variável Preços mercado livre, ou seja, enquanto as tarifas caem no mercado livre, essa redução provoca, segundo a equação (8) um aumento das tarifas no mercado cativo/regulado e ela está também em relação direta com a variável Consumidores livres, ou seja, o aumento de consumidores no mercado livre aumenta os preços no mercado cativo/regulado com isso, a hipótese H3 está validada.

Enquanto os estudos buscam compreender a viabilidade da transição da empresa do mercado regulado para o mercado livre Burin et al., (2022), Teberge e Sodré (2019), Costa et al. (2019) e Santos (2020), o resultado da equação (8) mostra que os dois mercados não são independentes, como se poderia imaginar pelos estudos de viabilidade da transição para o mercado livre.

A tarifa do mercado cativo/regulado está como na relação da equação (8) conectada com as variações do outro mercado, com o qual deveria ser completamente independente, o mercado livre. Redução de preços e, ou aumento de consumidores neste provocam aumento nas tarifas de energia elétrica do mercado cativo. O estudo mostra que esse fato tem ocorrido desde o advento do mercado livre.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do estudo consistiu em investigar a relação entre as tarifas de energia elétrica do mercado cativo com o crescimento do número de consumidores livres e aos preços praticados no mercado livre de energia.

Para isso, testou-se relações econométricas para validar hipóteses e relacionar a variável Tarifas mercado cativo (dependente) com as variáveis independentes: Consumidores livres e Preços mercado livre. As hipóteses checadas e validadas foram:

H1: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado pode ser relacionado ao número de consumidores que migraram para o mercado livre.

H2: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado tem relação com a queda de preços do mercado livre de energia, sendo uma compensação pela migração.

H3: O aumento de preço da tarifa do mercado cativo/regulado pode ser relacionado a simultaneamente ao número de consumidores que migraram para o mercado livre e ao preço praticado no mercado livre.

Dados os resultados obtidos pelas regressões lineares e tendo o referencial teórico em tela, o estudo validou as relações propostas, assim como as hipóteses H1, H2 e H3, mostrando que os mercados do ambiente cativo e o mercado do ambiente livre não são independentes, pois as variáveis de cada mercado têm relações estabelecidas, com significância, conforme as regressões das Figuras 3, 4 e 5.

Isso sugere que, de forma oposta aos pressupostos pretendidos nos trabalhos de Burin et al., (2022), Teberge e Sodré (2019), Costa et al. (2019) e Santos (2020), quando da criação do mercado livre, no país, os preços não caíram no mercado cativo/regulado e nem todos os consumidores têm acesso ao mercado livre. Há uma compensação de preços entre os mercados dado pela relação pelas relações econométricas:

$$\text{Tarifas mercado cativo} = 530,62 - 0,29 * \text{Preços mercado livre} \quad (7)$$

A equação 7, mostra que quando os preços caem no mercado livre, há uma compensação pelo aumento de tarifas no mercado cativo. Essa tendência pode ser observada na Figura 1.

Na figura 1 e na equação 6:

$$\text{Tarifas mercado cativo} = 276,64 + 0,31 * \text{Consumidores livres} \quad (6),$$

também se observa que a migração de consumidores para o mercado livre aumenta as tarifas praticados no mercado cativo, sugerindo uma compensação ao mercado cativo pela perda de consumidores e de receitas provocadas por essa migração.

Uma observação importante ocorre aqui, porque, conforme a figura 2, somente uma pequena minoria migrou para o mercado do ambiente de contratação livre, ou seja, a redução das tarifas no mercado de contratação livre, conforme evidenciado na figura 1, está beneficiando uma minoria dos consumidores migrados e penalizando, através da compensação pelo aumento das tarifas no mercado do ambiente regulado, conforme a equação 6 e a equação 7, a grande maioria dos consumidores do mercado do ambiente de contratação regulada/cativa.

O estudo sugere que o mercado cativo/regulado está pagando tarifas crescentes consistentemente ao longo dos anos e estas estão em relação inversa com a queda de preço constatada no mercado livre e em relação direta com os consumidores migrados do mercado cativo para o mercado livre de energia. Relação essa, estabelecida desde advento do mercado livre e que continua em funcionamento, mesmo depois dos anos de consolidação do ambiente de contratação livre, o que mostra que esses mercados não são independentes como deveriam ser, na questão dos preços e das tarifas praticados.

Os pressupostos iniciais mencionados por Burin et al., (2022), Teberge e Sodré (2019), Costa et al. (2019) e Santos (2020) de que o estabelecimento do novo modelo de contratação de energia elétrica do ambiente de contratação regulado/cativo e o ambiente de contratação livre, que se consolidaram em 2004 e tiveram como pressupostos a garantia de fornecimento seguro de energia e busca de investimentos, financiamento e serviços acessíveis Burin et al., (2022), não se confirmaram e não se confirmam para os consumidores do mercado cativo.

Com isso, o mercado de energia elétrica continua dividido entre mercado livre e mercado cativo, e para estes, a promessa, de que, criando o mercado livre, haveria serviços acessíveis, não se manteve desde o in cio, pois opostamente ao intencionado, em termos de pressupostos, a realidade mostrada pelo estudo   outra em linha com Poudineh (2019).

A partir desses resultados, há uma oportunidade de futuros estudos para que se obtenha os impactos gerados pelo crescimento do ambiente de contratação livre frente ao ambiente de contratação regulado/cativo às empresas distribuidoras de energia do mercado regulado e aos consumidores desse mercado.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. What has driven the growth of Brazil's residential electricity consumption during the last 19 years? An index decomposition analysis. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 21, p. 7–39, 2021.

ALMEIDA, Dominique Nunes *et al.* A crise no fornecimento e distribuição de energia elétrica no Brasil em 2001: uma análise panorâmica com foco em na prevenção de eventos análogos futuros. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. e20080–e20080, 2022.

BURIN, Heloísa Pereira; FOGLIATTO, Flavio Sanson; HSUAN, Juliana. The electricity market in Brazil: A multilevel perspective of sector agents for liberalization to residential consumers. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 76, p. 101289, 2023.

BURIN, Heloísa; SILUK, Julio; ROSA, Carmen. A model to measure the migration potential of Brazilian consumers from the regulated market to the free energy market. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 70, p. 403–414, 2022.

CAMPOS, Adriana Fiorotti *et al.* Deregulation, flexibilization and privatization: historical and critical perspective of the brazilian electric sector. **The Electricity Journal**, [s. l.], v. 33, n. 7, p. 106796, 2020.

CASTRO, Luciano Irineu de; BORGES, Gustavo Gonçalves; SIMONE, Lucas Fernandes Camilo. O FUTURO DA FORMAÇÃO DE PREÇOS DE ENERGIA NO BRASIL. **Revista de Economia Contemporânea**, [s. l.], v. 27, p. e232710, 2023.

COSTA, Crislane soares; OLIVEIRA, Elane lopes de; SOUSA, Josiano Cesar de. O mercado brasileiro de Energia Elétrica Livre: um estudo de caso na indústria de Shopping Center sob a ótica da gestão eficiente dos recursos financeiros / The Brazilian free electric market: a case study in the Shopping Center industry from the point of view of the efficient management of financial resources. **ID on line. Revista de psicologia**, [s. l.], v. 13, n. 46, p. 277–305, 2019.

DAGLISH, Toby *et al.* Pricing effects of the electricity market reform in Brazil. **Energy Economics**, [s. l.], v. 97, p. 105197, 2021.

DANTAS, Dallys; CASTILHO, Denis. O processo de privatização da Eletrobras e as tramas do controle privativo do setor elétrico brasileiro. [s. l.], n. 23, p. 45–61, 2023.

DE FREITAS MACHADO, Bruno Goulart. Modelling features and outcomes of Brazil's electricity tariff flag program. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 88, p. 101759, 2024.

DO PRADO, Josue Campos *et al.* The next-generation retail electricity market in the context of distributed energy resources: Vision and integrating framework. **Energies**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 491, 2019.

FOTOUHI GHAZVINI, Mohammad Ali *et al.* Liberalization and customer behavior in the Portuguese residential retail electricity market. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 59, p. 100919, 2019.

HOCHBERG, Michael; POUDINEH, Rahmatallah. The Brazilian electricity market architecture: An analysis of instruments and misalignments. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 72, p. 101267, 2021.

JIN, Luosong *et al.* Research on information disclosure strategies of electricity retailers under new electricity reform in China. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 710, p. 136382, 2020.

MULDER, Machiel; WILLEMS, Bert. The Dutch retail electricity market. **Energy Policy**, [s. l.], v. 127, p. 228–239, 2019.

NOGUEIRA, Ana Carolina Miranda Lima; BERTUSSI, Geovana Lorena. O setor de energia elétrica brasileiro e a perspectiva de uma reforma setorial. **Revista da UFMG**, [s. l.], v. 26, n. 1 e 2, p. 16–45, 2019.

POUDINEH, Rahmatallah. **Liberalized retail electricity markets: what have we learned after two decades of experience?** [S. l.]: Oxford Institute for Energy Studies, 2019. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/publications/liberalized-retail-electricity-markets-what-we-have-learned-after-two-decades-of-experience/?v=79cba1185463>. Acesso em: 27 mar. 2024.

RIBEIRO, Luíza *et al.* Technical and economical aspects of wholesale electricity markets: An international comparison and main contributions for improvements in Brazil. **Electric Power Systems Research**, [s. l.], v. 220, p. 109364, 2023.

SANTOS, Thiago de Souza. Contratação de Energia Elétrica por Grandes Consumidores no Mercado Cativo e no Mercado Livre. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/215996/PEEL1936-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.

SOARES, Marcos de Abreu; COSTA, Hirdan Katarina de Medeiros. A crise hídrica enfrentada em 2021: uma avaliação das principais medidas adotadas pelo Governo. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, [s. l.], v. 16, n. 43, p. 489–503, 2023.

TEBERGE, Caio Rocha; SODRÉ, Eduardo. Estudo de Viabilidade: Mercado Livre vs Mercado Cativo. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 81–89, 2019.

URPELAINEN, Johannes; YANG, Joonseok. Global patterns of power sector reform, 1982–2013. **Energy Strategy Reviews**, [s. l.], v. 23, p. 152–162, 2019.

VLADOS, Charis; CHATZINIKOLAOU, Dimos; KAPALTZOGLU, Foteini. ENERGY MARKET LIBERALISATION IN GREECE: STRUCTURES, POLICY AND PROSPECTS. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 115–126, 2021.

WALPOLE, Ronald E. *et al.* **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. 8ª edição. [S. l.]: Pearson Universidades, 2008.