

Preferências de Consumidores Residenciais em Relação ao Gerenciamento Inteligente do Consumo de Energia Elétrica

Residential Consumer Preferences for Smart Electricity Consumption Management

Izabela Teixeira Panosso¹, João Paulo Danielo Fachin², Fernando José Avancini Schenatto³, Vanderlei Aparecido de Lima⁴, Géremi Gilson Dranka⁵

RESUMO

O constante aumento na demanda de energia elétrica representa uma preocupação central para a segurança energética dos países, de modo que as estratégias de gerenciamento pelo lado da demanda têm se tornado essenciais no planejamento dos sistemas elétricos. Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa de opinião pública conduzida com 400 participantes não identificados, focando na avaliação da disposição dos consumidores em ajustar seus hábitos de consumo de energia elétrica e os principais motivadores por trás de suas escolhas. De modo geral, os resultados destacam que a preservação do meio ambiente e incentivos financeiros são fatores-chave que impulsionam a adoção de práticas sustentáveis. Cerca de 82% dos participantes demonstraram preocupações ambientais, enquanto 75% mostraram estar dispostos a modificar seus hábitos em busca de economia financeira. A flexibilidade de horários no uso de eletrodomésticos foi bem aceita por aproximadamente metade dos entrevistados. A análise de correlação revelou uma forte relação entre motivações ambientais e financeiras entre os consumidores. No entanto, alguns participantes demonstraram resistência às mudanças devido a preocupações relacionadas ao conforto e à falta de tempo. Essas conclusões fornecem *insights* valiosos para estratégias de gerenciamento de demanda de energia no Brasil bem como para a adoção de práticas de consumo mais sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: eficiência energética; gerenciamento pelo lado da demanda; sustentabilidade energética.

ABSTRACT

The constant increase in the demand for electrical energy represents a central concern for energy security of countries, in a way that demand-side management strategies have become essential in the planning of electrical systems. This paper presents the results of a public survey conducted with 400 participants, who have not been identified, focusing on the evaluation of consumers' willingness to adjust their electricity consumption habits and the main motivators behind their choices. Overall, the results highlight that environmental preservation and financial incentives are key factors driving the adoption of sustainable practices. Approximately 82% of the participants expressed environmental concerns, while 75% were willing to modify their habits in pursuit of financial savings. Flexibility in the use of household appliances' schedules was well-received by approximately half of the respondents. Correlation analysis revealed a strong relationship between consumers' environmental and financial motivations. However, some participants showed resistance to changes due to concerns related to comfort and lack of time. These conclusions

¹ Bolsista de Iniciação Científica: CNPQ. Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: izabela@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8843946274126035.

² Estudante no Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: joaofachin.2001@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4442082576353179.

³ Docente no Curso de Engenharia Elétrica/Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: schenatto@utfpr.edu.br. ID Lattes: 8254799739887550.

⁴ Docente no Curso de Química/Departamento de Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: valima@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9090461949264421.

⁵ Docente no Curso de Engenharia Elétrica/Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: geremidranka@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: 3004093329141780.

provide valuable insights for energy demand management strategies in Brazil, as well as for the adoption of more sustainable consumption practices.

KEYWORDS: energy efficiency; demand-side management; energy sustainability.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de mitigar as demandas instantâneas máximas e sobrecargas na rede elétrica, o gerenciamento pelo lado da demanda (do inglês, *Demand-Side Management* - DSM) e os sistemas de gerenciamento de energia (do inglês, *Energy Management System* - EMS) têm se destacado no âmbito da operação dos Sistemas Elétricos de Potência (SEPs) (EISSA, 2019). As estratégias de DSM, fundamentam-se, por exemplo, na adaptação da demanda de eletricidade no decorrer do dia por meio da participação ativa dos consumidores finais. Dessa forma, as estratégias de DSM contribuem para a suavização da curva de demanda durante os horários de demanda máxima. Entre as principais estratégias de DSM, destacam-se o estímulo à instalação de sistemas fotovoltaicos e medidores inteligentes, a automação residencial e a adoção de novos hábitos de consumo. É relevante mencionar que o Brasil conta com programas de DSM, como a Tarifa Branca, com foco em consumidores do Grupo B, e iniciativas de eficiência energética, como o PROCEL, dentre outros.

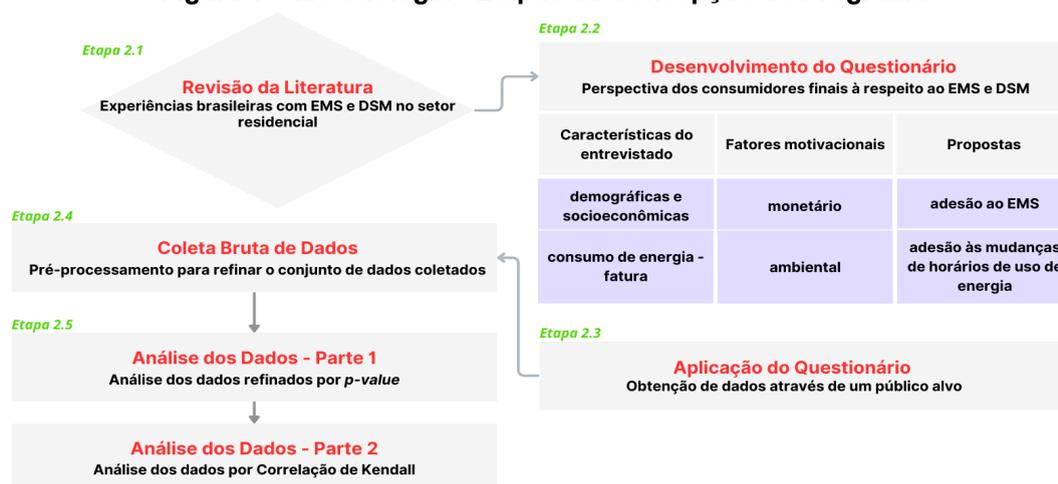
Diversas publicações têm se dedicado a examinar a receptividade dos consumidores finais em relação a estratégias específicas de DSM. Vale ressaltar que essas estratégias podem enfrentar desafios em sua implementação, como a resistência decorrente das alterações nas rotinas dos usuários (DE DIEGO et al., 2014). Como exemplo, em um estudo conduzido em Santa Catarina (FORTE DE OLIVEIRA LUNA et al., 2021), a análise estatística resultante demonstrou que a maioria dos entrevistados (93,95%) manifestou disposição para modificar seus padrões de consumo de energia elétrica, principalmente por motivações de ordem financeira e ambiental. Observou-se esse mesmo comportamento na pesquisa realizada em Portugal (FERREIRA; ROCHA; ARAÚJO, 2022), em que 94% dos entrevistados corroborou com as propostas sugeridas e evidenciou uma inclinação em direção às mesmas motivações para que houvesse mudanças em seus hábitos de consumo de energia elétrica. Entretanto, é relevante salientar que, em ambos os estudos, aqueles que inicialmente se mostraram avessos a aderir ao programa de gerenciamento da demanda manifestaram uma predisposição a reconsiderar sua posição em caso de incentivos financeiros, revelando que este fator exerce uma influência positiva na adesão a esse tipo de programa de DSM.

Essa pesquisa tem como objetivo principal coletar e analisar dados estatísticos relacionados ao comportamento dos respectivos perfis de consumidores de energia elétrica direcionado à acadêmicos e servidores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, bem como a moradores de Pato Branco e região. O questionário empregado foi desenvolvido a partir de modelos previamente utilizados na literatura, onde elaborou-se um banco de questões incorporado ao questionário "Gestão Inteligente de Consumo de Energia Elétrica: Percepção dos Consumidores". A pesquisa enquadra-se como pesquisa de opinião pública com participantes não identificados.

METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra o processo metodológico empregado neste estudo, dividido em 5 etapas principais, descritas na sequência.

Figura 1 – Metodologia - Etapas da Concepção do Programa



Fonte: Autoria própria.

Na Etapa 2.1, conduziu-se uma revisão da literatura a respeito de experiências brasileiras com sistemas de gerenciamento de energia e também no que tange o gerenciamento pelo lado da demanda no setor residencial, estabelecendo uma base sólida para a formulação do questionário de pesquisa. Com o intuito de avaliar o comportamento da população local e a adesão aos programas de gerenciamento do consumo de energia elétrica, na Etapa 2.2, elaborou-se um questionário com base na revisão da literatura, adaptando as questões de estudos (FERREIRA; ROCHA; ARAÚJO, 2022; FORTE DE OLIVEIRA LUNA et al., 2021) para que refletissem as características locais e do público-alvo, composto principalmente por estudantes de uma universidade localizada no estado do Paraná. Na Etapa 2.3, o questionário foi aplicado no formato online entre março e abril de 2023, obtendo-se um total de 400 respostas. Conforme prevê o artigo 1º da Resolução CNS n.º 510 de 2016, em seu artigo 2º, pesquisas de opinião pública com participantes não identificados, não precisam ser submetidas à avaliação do Sistema CEP/Conep.

O questionário inicia com uma contextualização sobre a integração do Sistema de Gerenciamento de Energia nas residências, fornecendo informações sobre o propósito e a relevância da pesquisa. O questionário divide-se em duas seções principais, sendo uma direcionada aos entrevistados que possuem vínculo com a universidade e outra para residentes locais. Dentro dessas seções, estão incorporadas cinco subseções: 1) Identificação das características sociodemográficas dos entrevistados, compreendendo nove questões; 2) Fatores motivacionais para modificar os padrões de consumo de energia elétrica, com três questões; 3) Adesão ao EMS, composto igualmente por três questões; 4) e 5) Investigação do grau de desconforto associado à alteração de horários e modo de uso de eletrodomésticos, englobando um total de oito questões.

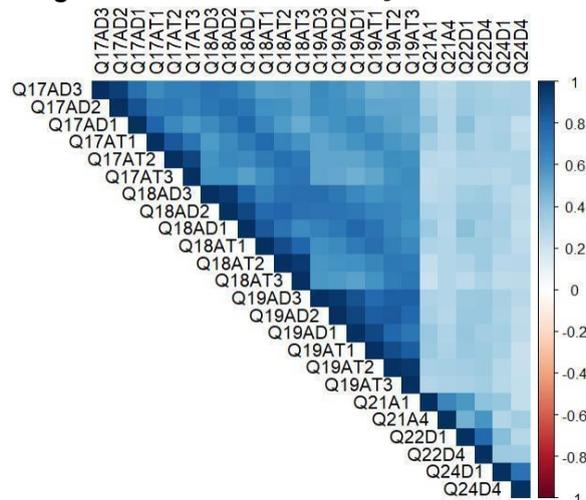
Nas seções 3, 4 e 5 do questionário, adotou-se a escala *Likert*, na qual as opções de resposta variam desde “discordo totalmente”; “discordo parcialmente”; “indiferente”;

“concordo parcialmente” e “concordo totalmente”. Em relação ao uso de eletrodomésticos, as questões foram formuladas de modo a avaliar a disposição dos entrevistados em antecipar ou postergar o uso desses dispositivos dentro de um intervalo de uma a três horas (1h-3h), com as alternativas de resposta variando de “muito desconforto” a “nenhum desconforto”. Estimou-se oito minutos como tempo médio de resposta do questionário, que foi aplicado de modo online e disponibilizado através da plataforma *Google Forms*, facilitando sua distribuição. Após a coleta bruta dos dados realizada na Etapa 2.4, uma análise estatística foi feita utilizando o *p-value* para na Etapa 2.5, determinar a significância estatística, juntamente com o modelo de Correlação de Kendall, que se baseia na associação entre duas variáveis (questões) e utiliza a constante τ (tau), variando entre -1 e 1, possibilitando a identificação dos graus de concordância, valores próximos a 1, ou discordância, valores próximos a -1, entre elas (JOSEPH MAGIYA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção é realizada a análise e discussão dos resultados obtidos por meio da aplicação do questionário e da subsequente análise estatística. As análises foram complementadas por meio da matriz de correlação de Kendall simplificada, gerada através da utilização do *software Rstudio*, conforme ilustra a Figura 2, onde os elementos “Qxy” representam as respectivas questões abordadas no questionário. É importante destacar que todas as análises consideraram o *p-value* para verificar a significância estatística. Se este valor não foi destacado, deve-se ao fato que se aproxima de zero, indicando extrema relevância. Quando o *p-value* é baixo, a análise é considerada estatisticamente significativa, o que significa que existe uma probabilidade muito baixa de os resultados observados serem devido ao acaso (FERREIRA; PATINO, 2015).

Figura 2 – Matriz de Correlação de Kendall



Fonte: Autoria própria.

De acordo com os dados obtidos, as preocupações com relação ao meio ambiente surgem como a principal motivação para que os consumidores alterem seus hábitos de consumo (questão 12 do questionário - Q12) com aproximadamente 82% das respostas (“concordo parcialmente” e “concordo totalmente”). Isso ilustra uma conscientização

significativa dos participantes em relação à importância de adotar práticas sustentáveis. Um padrão semelhante se manifesta quando o motivo para a mudança é de natureza econômica. A proposta de redução mensal no valor da fatura de energia elétrica levou a maioria dos entrevistados (75%) a demonstrar disposição para ajustar seu consumo, indicando que o incentivo financeiro também desempenha um papel significativo na adoção de práticas mais sustentáveis. Além disso, ao avaliar o *p-value* e o coeficiente de Kendall, observa-se uma significância estatística de $3,8 \cdot 10^{-9}$ e uma correlação positiva de 0,736256 entre ambas as motivações mencionadas, sugerindo que, em geral, o público que está disposto a alterar seus hábitos devido às motivações ambientais também compartilha da mesma motivação em relação à economia na fatura de energia elétrica.

No contexto da flexibilidade de horários, ao examinar as respostas referentes ao uso da lavadora de louças (Q19), aproximadamente metade dos entrevistados (45,07%) não manifestou preocupação em adiar o uso, independentemente do horário sugerido. De maneira similar, 45,13% dos participantes relataram ser indiferente à antecipação do uso da lavadora de louças. O coeficiente de correlação de Kendall, de 0,901130, indica um alto grau de concordância do público tanto para atrasar ou antecipar o uso da lavadora de louças. Esse padrão também foi observado em relação aos outros eletrodomésticos propostos (máquina de lavar roupas e secadora de roupas), sugerindo uma predisposição dos entrevistados em ajustar seus horários em relação às atividades domésticas.

No entanto, é relevante notar que alguns entrevistados evidenciaram resistência em alterar seus hábitos de consumo de energia elétrica, alegando falta de tempo para a adaptação de uma nova rotina, preocupações como o conforto e a percepção de que as mudanças não teriam um impacto significativo em suas faturas de energia elétrica. Ademais, verificou-se que os indivíduos com maior poder aquisitivo, entre onze e vinte salários-mínimos, mostraram menor disposição para modificar seus hábitos em relação ao uso do ar-condicionado, refletindo um coeficiente de correlação de -0,12331. Além disso, aqueles que estariam dispostos a permitir que dispositivos inteligentes desligassem aparelhos visando obter benefícios financeiros, independentemente do montante economizado, demonstraram discordância à ideia de aumentar a temperatura do ar-condicionado em apenas 1°C no verão, formando um grau de discordância de -0,15963, este não sendo um valor alto de discordância por parte dos consumidores. Esse mesmo público mostrou-se relutante em ajustar os horários de uso de seus eletrodomésticos, como por exemplo antecipar em uma hora o uso da máquina de lavar roupas, representando um coeficiente de correlação de -0,15746.

CONCLUSÃO

Com base nas conclusões deste estudo e em uma análise comparativa com pesquisas semelhantes, é evidente que a conscientização ambiental e os incentivos financeiros desempenham papéis cruciais na motivação dos consumidores para adotar práticas sustentáveis de consumo de energia elétrica. Os resultados deste estudo estão em consonância com as conclusões de investigações realizadas em outros trabalhos publicados. É importante destacar que nos estudos mencionados, a resistência a tais mudanças frequentemente esteve associada ao desconforto que poderiam acarretar. Contudo, observou-se também que a oferta de incentivos financeiros adequados pode alterar a perspectiva dos consumidores, aumentando sua disposição para participar de programas de gerenciamento de energia elétrica.

Os resultados obtidos estabelecem uma base para o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento de demanda mais eficazes no contexto brasileiro, considerando as percepções da população. Além disso, destacam a importância de considerar a interação entre motivações observadas ao projetar programas e políticas destinados a incentivar a adoção de práticas energéticas mais sustentáveis. Isso pode ser particularmente relevante em um cenário de crescente demanda de energia no país, onde o equilíbrio entre geração e consumo de energia se torna crucial para a segurança energética. Uma área de pesquisa promissora consiste em investigar a eficácia da implementação de programas de incentivo financeiro para a eficiência energética em diversas configurações regionais e demográficas.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da UTFPR – Campus Pato Branco e do CNPq, além da contribuição da equipe de pesquisa composta pelos alunos João Paulo Danielo Fachin e Mariane Zamboni Gastmann. Agradecemos especialmente aos professores colaboradores do projeto, Fernando José Avancini Schenatto e Vanderlei Aparecido de Lima, pelas suas contribuições para este trabalho.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

DE DIEGO, R. et al. A semantic middleware architecture focused on data and heterogeneity management within the smart grid. **Energies**, v. 7, n. 9, p. 5953–5994, 2014.

EISSA, M. M. Developing incentive demand response with commercial energy management system (CEMS) based on diffusion model, smart meters and new communication protocol. **Applied Energy**, v. 236, p. 273–292, 15 fev. 2019.

FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. **What does the p value really mean?** **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, , 1 set. 2015.

FERREIRA, P.; ROCHA, A.; ARAÚJO, M. **Assessing household electricity consumers' willingness to load shift**. Guimarães: [s.n.]. Disponível em: <www.dgge.pt,>.

FORTE DE OLIVEIRA LUNA, J. D. et al. Characterizing quality of experience for demand management in South Brazil. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, v. 130, 1 set. 2021.

MAGIYA, J. **Kendall Rank Correlation Explained**. Disponível em: <<https://towardsdatascience.com/kendall-rank-correlation-explained-dee01d99c535>>. Acesso em: 7 ago. 2023.