



Eficiência Energética e Sustentabilidade em Universidades: Um Estudo de Caso sobre Economia e Redução de Emissões

Energy Efficiency and Sustainability in Universities: A Case Study on Economics and Emissions Reduction

Eficiencia energética y sostenibilidad en las universidades: un estudio de caso sobre economía y reducción de emisiones

Wellington Inacio da Silva

Discente, PROFIAP/UTFPR, Brasil.
wi85silva@gmail.com

Fernanda Cavicchioli Zola

Professora Doutora, UTFPR, Brasil.
fzola@utfpr.edu.br

Janaina Piana

Professora Doutora, UTFPR, Brasil.
janainapiana@utfpr.edu.br



RESUMO

Este estudo investiga o impacto da adoção de medidas de eficiência energética em uma universidade pública federal, com foco na substituição de lâmpadas convencionais por LED e na instalação de uma usina fotovoltaica. A pesquisa utilizou uma abordagem quantitativa, analisando dados históricos de consumo de energia para avaliar as reduções obtidas após as intervenções. Os resultados mostram uma economia expressiva de energia, redução significativa nos custos operacionais e uma diminuição nas emissões de gases de efeito estufa. Além de destacar os benefícios ambientais, o estudo também examina o tempo de retorno do investimento, demonstrando a viabilidade econômica dessas medidas. A pesquisa sublinha a importância de parcerias entre instituições de ensino e empresas do setor elétrico para a promoção de projetos inovadores e para o desenvolvimento de fontes de financiamento alternativas. Esses resultados oferecem um modelo replicável para outras universidades que buscam otimizar seus recursos e reduzir seu impacto ambiental, promovendo a sustentabilidade no ensino superior.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Eficiência Energética. Universidade.

ABSTRACT

This study investigates the impact of adopting energy efficiency measures at a federal public university, focusing on replacing conventional lamps with LEDs and installing a photovoltaic plant. The research used a quantitative approach, analyzing historical energy consumption data to evaluate the reductions achieved after the interventions. The results show significant energy savings, a significant reduction in operating costs and a reduction in greenhouse gas emissions. In addition to highlighting the environmental benefits, the study also examines the return on investment time, demonstrating the economic viability of these measures. The research highlights the importance of partnerships between educational institutions and companies in the electricity sector to promote innovative projects and develop alternative sources of financing. These results offer a replicable model for other universities seeking to optimize their resources and reduce their environmental impact, promoting sustainability in higher education.

Keywords: Sustainability. Energy Efficiency. University.

RESUMEN

Este estudio investiga el impacto de la adopción de medidas de eficiencia energética en una universidad pública federal, enfocándose en reemplazar lámparas convencionales por LED e instalar una planta fotovoltaica. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, analizando datos históricos de consumo de energía para evaluar las reducciones logradas después de las intervenciones. Los resultados muestran importantes ahorros de energía, una reducción significativa de los costes operativos y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de resaltar los beneficios medioambientales, el estudio también examina el retorno del tiempo invertido, demostrando la viabilidad económica de estas medidas. La investigación destaca la importancia de las alianzas entre instituciones educativas y empresas del sector eléctrico para promover proyectos innovadores y desarrollar fuentes alternativas de financiamiento. Estos resultados ofrecen un modelo replicable para otras universidades que buscan optimizar sus recursos y reducir su impacto ambiental, promoviendo la sostenibilidad en la educación superior.

Palabras clave: Sostenibilidad. Eficiencia Energética. Universidad.



1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, impulsionada pelo crescimento populacional, desenvolvimento econômico e padrões de consumo cada vez mais intensivos, aliada à escassez de recursos naturais e à necessidade de um futuro sustentável, exige a busca por soluções eficientes e inovadoras.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), define que, eficiência é produzir mais com menos, sem perder qualidade. No campo da eficiência energética o objetivo é obter os mesmos resultados com menor consumo de recursos naturais, contribuindo para a preservação do meio ambiente (ABCDEnergia, 2018). Gallotti (2021) também destaca que, a eficiência energética busca otimizar o uso da energia, permitindo produzir a mesma quantidade de bens ou serviços, ou até mais, com um menor consumo energético, sem perder a qualidade.

Focar na eficiência energética contribui diretamente aos propósitos da agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (2015), denominada de ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável). Dentre os dezessete objetivos, o ODS 7 é dedicado exclusivamente à energia, que aborda o acesso a fontes renováveis, eficientes e limpas. A meta 7.3 busca, até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética. Contudo, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2019) destaca que, os dados sobre a intensidade energética do Brasil nos últimos 20 anos, somados às projeções do Plano Nacional de Energia - PNE, indicam que a meta da Organização das Nações Unidas (ONU) para a eficiência energética pode ser difícil de alcançar. Destarte, a implementação de políticas públicas mais ambiciosas, aliada a investimentos em tecnologias eficientes, pode contribuir para acelerar o processo.

Nos Estados Unidos, a busca por uma gestão energética mais eficiente é um tema de longa data. A criação do Departamento de Energia (DOE) em 1977 institucionalizou, entre outros pontos, essa busca, impulsionado pelos benefícios econômicos e ambientais da eficiência energética. Gallotti (2021) destaca que, ao otimizar o uso de energia, por exemplo, obtém-se um retorno financeiro considerável: cerca de 20% a 25% dos investimentos são recuperados no curto prazo, e no longo prazo podem ultrapassar 100%. Além dos ganhos econômicos, a eficiência energética contribui significativamente para a preservação do meio ambiente. No Brasil, a discussão sobre o uso otimizado da energia também se iniciou há décadas. Goldemberg (1998), já questionava a eficiência energética no país, evidenciando a necessidade de um debate mais aprofundado sobre o tema.

Nesta conjuntura, a crescente preocupação com a sustentabilidade impulsiona a busca por fontes de energia limpas e renováveis. A energia solar, está entre os diversos exemplos dessas fontes, que não emitem gases do efeito estufa e contribuem para a preservação do meio ambiente (Campos *et al.*, 2021). Outra iniciativa importante para o meio ambiente consiste na substituição de lâmpadas tradicionais por LEDs (Light Emitter Diode). O menor consumo de energia, a utilização de materiais atóxicos na fabricação e a maior durabilidade contribuem para reduzir o impacto ambiental, diminuindo a geração de resíduos e a demanda por energia elétrica (Santos *et al.*, 2015). Assim, buscar eficiência energética, através de medidas, como a troca de



lâmpadas convencionais pela tecnologia de LED e instalação de usinas fotovoltaicas são alternativas disponíveis e eficientes que contribuem para a sustentabilidade do planeta.

A fim de garantir a continuidade dos investimentos em tecnologia no setor energético brasileiro, o governo instituiu, ainda na década de 1990, a obrigatoriedade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por meio de cláusulas contratuais (Bertolini *et al.*, 2013). O tema ganhou ainda mais destaque no início do século XXI com a promulgação da Lei 9.991/2000, art.1 inciso I, que estabeleceu um marco importante ao exigir que as empresas do setor elétrico investissem, no mínimo, 0,50% da sua receita operacional líquida, em pesquisa, desenvolvimento, e programas de eficiência energética (Brasil, 2000).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável pela execução legal, implementou a exigência de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para as concessionárias. Para Maisonnave (2008), o modelo visa garantir a continuidade dos investimentos em pesquisa no país. Fernandino e Oliveira (2010) destacam que a ação busca fomentar a inovação no setor elétrico, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias, a melhoria da eficiência e a criação de soluções para os desafios do setor. Além disso, essa medida visa fortalecer a interação entre as empresas, as universidades e a sociedade.

O Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da ANEEL visa impulsionar a inovação no setor elétrico, através de diretrizes que incentivam o desenvolvimento tecnológico, a criação de uma cultura inovadora e a formação de parcerias estratégicas, com a indústria, academia e instituições de pesquisa. Esse programa fomenta a colaboração entre diversos atores, incluindo empresas de energia elétrica e instituições públicas de ensino, para o desenvolvimento de projetos de pesquisa e desenvolvimento (Fernandino; Oliveira 2010). Nesse contexto de inovação e eficiência energética, as universidades públicas desempenham um papel crucial, uma vez que elas são pilares do desenvolvimento científico e tecnológico do país, contribuindo para a produção de conhecimento, a formação de profissionais e a promoção da sustentabilidade, buscando reduzir o impacto ambiental e otimizar seus custos. Para Waas *et al.* (2010), as universidades, historicamente motoras de transformação social, fazem parte dos autores que podem impulsionar o desenvolvimento sustentável.

O programa da ANEEL, por meio de chamadas públicas, além de atender diversos segmentos, possui uma linha específica para atender a “Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior” (ANEEL, 2024). Benedito *et al.* (2018) destaca que, ao diversificar sua matriz energética e buscar fontes mais baratas, as universidades podem otimizar seus custos e contribuir para um futuro mais sustentável. Diante disso, as empresas reguladas têm a oportunidade de não apenas cumprir suas obrigações legais, mas também de investir em projetos inovadores que contribuam para o desenvolvimento sustentável do setor e a incrementação de políticas públicas.

Face à escassez de recursos, aliada aos altos custos com energia, torna o investimento em eficiência energética uma necessidade contínua. Segundo a Universidade Federal de Santa Catarina, o gasto anual com energia é cerca de 18 milhões de reais ou 31.205.492 kWh, o equivalente ao gasto de uma cidade de 40 mil habitantes (UFSC, 2019). Benedito *et al.* (2018) pontua que as universidades públicas federais, em 2015, gastaram cerca de 430 milhões de reais em energia elétrica, sendo a energia elétrica o terceiro maior gasto das instituições de ensino. Dessa forma, uma das estratégias para otimizar a eficiência energética em universidades



consiste na busca por fontes de financiamento alternativas. Parcerias com empresas do setor elétrico, por exemplo, podem proporcionar recursos e *expertise* para a implementação de projetos de eficiência energética nos campus.

A situação financeira das Universidades Federais apresenta diversos desafios, que impactam diretamente na qualidade do ensino e na pesquisa. A falta de recursos e a diminuição do repasse de verba nas últimas décadas impede investimentos em manutenção e principalmente em novas obras. Segundo dados do próprio governo federal Casa Civil (2024), entre os anos de 2020 a 2022 os investimentos foram os mais baixos desde 2000. Diante desse cenário, as universidades se veem obrigadas a buscar novas parcerias para garantir a continuidade das atividades. Além disso, a participação em programas governamentais oferece outra via para a obtenção de recursos destinados a essa finalidade.

No âmbito governamental, as universidades podem explorar instrumentos como as TEDs (Termos de Execução Descentralizada) para financiar iniciativas de eficiência energética. O CNPQ (2021) destaca que as TEDs permitem a descentralização de recursos entre órgãos públicos, viabilizando a execução de projetos e programas que atendam às demandas específicas das instituições de ensino.

1.1 OBJETIVO

O presente estudo objetiva avaliar o impacto das ações de substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas em LED e instalação de usina fotovoltaica na promoção da sustentabilidade em uma universidade pública. Através dessa análise, busca-se quantificar a economia gerada e contribuir para a tomada de decisão sobre a implementação de novas medidas de eficiência energética e sustentabilidade na instituição.

2 METODOLOGIA

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Apucarana, realizou em 2023 duas ações voltadas à eficiência energética: a substituição de parte da iluminação e a instalação de uma usina fotovoltaica. Para verificar o impacto financeiro dessas ações de eficiência energética foram analisados os dados da fatura de energia elétrica do campus, obtidos através de pesquisa pública no portal da UTFPR/SEI.

Primeiramente, foi calculada a média da tarifa paga por kWh no período. A média tarifária foi obtida através da divisão do valor total pago pelo total consumido destacado na fatura de energia, no período de fevereiro de 2023 a maio de 2024. Delimitou esse período para abranger desde a troca das lâmpadas até 12 meses após a instalação da usina fotovoltaica.

O segundo passo consistiu em analisar o impacto da substituição das lâmpadas por lâmpadas de LED. Como a substituição aconteceu em janeiro de 2023, a análise do impacto do consumo referente a troca das lâmpadas foi limitada aos meses de fevereiro a abril de 2023. Para a análise foi comparado o consumo no mesmo período de 2022. Optou-se por esse período de três meses para evitar que a geração de energia solar, instalada em maio de 2023, interferisse nos resultados. Os meses anteriores não foram usados, pois devido à sazonalidade acadêmica da Universidade, o ano letivo inicia-se em março e encerra-se em dezembro, alterando

significativamente o número de pessoas no campus, o que poderia comprometer a integridade dos dados.

Na terceira etapa, foram mensurados os efeitos da instalação da usina fotovoltaica no campus. Para essa análise, foi coletado os dados referentes a um ano após sua instalação (junho/2023 a maio/2024), considerando um ciclo completo de funcionamento. Nessa etapa, assim como na etapa anterior, os dados foram comparados com o mesmo período no ano anterior (junho/2022 a maio/2023). O impacto econômico gerado pela usina foi estimado pelo produto da média mensal de geração nesse período e a média da tarifa de energia.

Para a realização desta pesquisa, foram coletados e analisados apenas os dados de consumo de energia elétrica presentes nas faturas mensais do campus. Demais informações presentes na fatura, como demanda contratada e demanda ultrapassada, não foram consideradas na análise, uma vez que o foco do estudo está no impacto direto do consumo de energia, conforme figura 1.

Figura 1 - Dados utilizados para análise

Grandezas e Valores para Faturamento							
Produto	Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Contratado	Faturado	Tarifa	Total
ENERGIA ELETRICA TE PONTA	6630673	6687475	6134,00		6134,00	0,589804	3.617,86
ENERGIA ELETRICA USD PONTA	6630673	6687475	6134,00		6134,00	1,527763	9.371,30
ENERGIA ELETRICA TE F PONTA	41879210	42180259	32513,00		32513,00	0,375824	12.219,17
ENERGIA ELETRICA USD F PONTA	41879210	42180259	32513,00		32513,00	0,128897	4.190,84

Fonte: Fatura de energia elétrica do campus Apucarana - UTFPR

Conforme apresentado na Figura 1, a pesquisa analisou os itens de Energia Elétrica, Tarifa de Energia (TE) e Uso do Sistema de Distribuição (USD), ambos influenciados pelo consumo. A TE representa o valor pago pela energia consumida, enquanto o USD corresponde à tarifa pelo uso da rede de transmissão.

Ainda, a fim de quantificar o custo-benefício das ações implementadas, estimou-se o tempo necessário para recuperar o investimento inicial, tanto na aquisição das lâmpadas como na instalação da usina fotovoltaica, através do método *payback*. Esse cálculo foi realizado dividindo o valor total investido pela economia mensal média obtida.

Além dos benefícios econômicos, a pesquisa também analisou o impacto ambiental das ações implementadas. A redução das emissões de CO₂ foi estimada multiplicando a economia de energia obtida com as trocas de lâmpadas e a geração da usina fotovoltaica pelo fator de emissão de CO₂ fornecido pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, (2024). O cálculo do resultado envolveu a soma da redução no consumo de energia decorrente da troca das lâmpadas e da energia gerada pela usina fotovoltaica. Esse valor total foi então convertido para megawatt-hora e multiplicado pelo fator médio de emissão de carbono (tCO₂/MWh).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade e a busca por soluções inovadoras para a gestão energética têm impulsionado diversas instituições a adotarem práticas mais eficientes e limpas. Nesse contexto, a UTFPR - Campus Apucarana deu um importante passo rumo à sustentabilidade ao realizar a troca de lâmpadas convencionais por LED e implementar

uma usina fotovoltaica em suas instalações. Essa iniciativa não apenas demonstra o compromisso da universidade com a preservação do meio ambiente, mas também contribui para a redução dos custos operacionais e a geração de energia limpa.

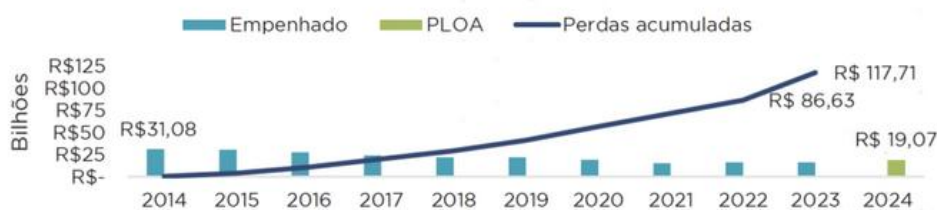
A UTFPR, foco desta pesquisa, mantém uma rede de 13 campi, abrangendo todas as regiões do Paraná, proporcionando uma ampla cobertura geográfica. Tem como foco a oferta de cursos de graduação e pós-graduação. Em 2023 ofertava 110 cursos no total, e, haviam 29.997 estudantes regulares matriculados. Sua estrutura organizacional é descentralizada, com cada campus gerenciando seu próprio orçamento (Plano de Dados Abertos - PDA/UTFPR, 2023). O campus situado na cidade de Apucarana, objeto específico deste estudo, fundado em 2007, destaca-se por atender às demandas da região, que, segundo o portal de notícias do Estado do Paraná (2020), a cidade é conhecida como a "Capital do Boné", título conferido pela Lei Federal n.º 12.285/2010.

A oferta acadêmica do campus de Apucarana abrange as áreas de Engenharia Têxtil, Tecnologia em Design de Moda, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação e Licenciatura em Química. Para atender os 1.656 estudantes matriculados em 2023, a infraestrutura física do campus é composta por uma área construída de 22.911,82 m², distribuída em 35 salas de aula teóricas, 60 laboratórios para atividades práticas e diversos espaços administrativos e acadêmicos (Resolução COUNI/UTFPR n.º128, 2024). A adoção de práticas sustentáveis, como economia de energia, se torna ainda mais relevante, pois além de minimizar o impacto ambiental, ainda auxilia na redução dos custos operacionais, permitindo a manutenção e expansão dessa estrutura, que ocupa uma área total de 121.490,13 m².

A gestão eficiente dos recursos financeiros nas universidades tornou-se fundamental. Os dados do Observatório do Conhecimento de 2024 evidenciam a necessidade de otimizar os gastos, apresentando um panorama do cenário orçamentário da última década no setor, conforme figura 2.

Figura 2 – Perdas Acumuladas

Perdas Acumuladas do Orçamento do Conhecimento (Gráfico 3)



Fonte: SIOP. Elaboração própria. Dados a preços projetados para dezembro/2023. Para dados até 2022, o IPCA apurado foi utilizado. Para dados de 2023 e 2024, a deflação foi feita utilizando IPCA estimado conforme Relatório Focus de 18/09/2023.

Fonte: Observatório do Conhecimento 2023

Segundo o relatório, a perda nos últimos 10 anos chega a ultrapassar os 117 bilhões de reais, e em 2024 o orçamento será a metade do valor investido nas universidades no ano de 2014 (Observatório do Conhecimento, 2023).

No relatório aprovado no COUNI/UTFPR (2024) para os 13 campi, é possível verificar a situação do orçamento para investimento, enquanto em 2023 foi de R\$ 12.199.776,00 em 2024



foi R\$ 0,00. Assim, restam poucas opções para investimento, como emendas parlamentares, mas que não há garantias de recorrência.

Diante deste cenário de desafios financeiros, o campus de Apucarana da UTFPR realizou parceria com a Companhia Paranaense de Energia (Copel), para troca de lâmpadas convencionais para a tecnologia LED. Para Santos *et al.* (2015) a adoção de lâmpadas LED representa um importante passo rumo à sustentabilidade. Com um consumo de energia menor que outras lâmpadas convencionais e uma vida útil que pode chegar a 50.000 horas, as LED proporcionam uma economia significativa, ameniza a necessidade de troca e contribuem para a redução do impacto ambiental.

A parceria ocorreu através da participação da Chamada Pública para Eficiência Energética PEE 001/2018. O site de notícias do Estado Paraná (2019) destaca que, em 2018, a Copel ofertou cerca de R\$ 40 milhões de reais com objetivo de financiar projetos de 42 clientes. Empresas, indústrias, comércios e instituições públicas puderam participar, apresentando projetos que detalhavam o consumo de energia e propunham soluções para otimizá-lo. A iniciativa, realizada anualmente desde 2005, faz parte do Programa de Eficiência Energética da Copel. O projeto de eficiência energética do campus, submetido à chamada pública, envolveu a substituição de lâmpadas, serviços especializados e descarte adequado de materiais, conforme quadro 1.

Quadro 1 – Lâmpadas Trocadas

Item	Descrição	Unidade de Medida	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
1	LED T8 18W	Unidade	4.877	R\$ 29,51	R\$ 143.920,27
3	LED Bulbo 8,5W	Unidade	324	R\$ 18,29	R\$ 5.925,96
7	Substituição de ponto até 3,50m	Ponto	2.750	R\$ 24,52	R\$ 67.430,00
9	Descarte de Lâmpadas	Unidade	3.953	R\$ 0,60	R\$ 2.371,80
10	Descarte de Reatores	Unidade	1.990	R\$ 0,15	R\$ 298,50
Total					R\$ 219.946,53

Fonte: Relatório de Fiscalização de Iluminação - SEI/UTFPR - 2023

A modernização da iluminação realizada em janeiro de 2023, resultou na troca de 5.201 lâmpadas e no descarte adequado de 3.953 lâmpadas convencionais e 1.990 reatores. Ao todo, 172 salas administrativas, banheiros, áreas comuns e 109 salas de aula, incluindo laboratórios de aulas práticas, foram contempladas. Para Ajibola *et al.* (2023) a modernização da iluminação, além de gerar economia, traz benefícios ambientais e sociais de longo prazo, como melhor qualidade da iluminação, maior durabilidade dos equipamentos e aumento da produtividade. Essa iniciativa alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial ao ODS-7, que busca garantir o acesso à energia limpa e acessível.

Adicionalmente, por meio de recursos da Secretaria de Ensino Superior (SESU), através do recebimento por Termo de Execução Descentralizada (TED) sob o número 11291/2022, com um investimento total no valor de R\$ 455.999,00, o campus de Apucarana implementou uma usina fotovoltaica on-grid (conectada à rede) com capacidade de 100 kWp de potência pico e rendimento mínimo de 21,3%. A usina, constituída por 285 módulos fotovoltaicos, cada um com uma área de 2,15 m², ocupa uma área total de 612,75 m². Instalada no estacionamento ao lado do Bloco M, permitiu a otimização do espaço e a criação de uma área coberta.

3.1 MODERNIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO



A análise da substituição das lâmpadas foi realizada com os dados da fatura de energia elétrica referente aos meses de fevereiro a abril de 2023, permitindo a comparação com o mesmo período do ano anterior. Assim, verificou-se uma alteração no consumo (kWh) de energia, conforme quadro 2.

Quadro 2 - Análise do consumo de energia

Mês	2022	2023	Economia	Porcentagem
Fevereiro	26.237kWh	24.060kWh	-2.177kWh	-8,30%
Março	49.270kWh	46.763kWh	-2.507kWh	-5,09%
Abril	41.510kWh	379.38kWh	-3.572kWh	-8,61%

Fonte: Fatura de energia elétrica da UTFPR - Campus Apucarana.

A comparação entre os períodos permitiu identificar a redução média no consumo mensal totalizou 2.752kWh. Para monetizar esse dado, foi calculado o custo médio por kWh (quadro 3), onde o valor total gasto no período foi dividido pelo consumo total no período, resultando em um preço médio de R\$ 0,715778 por kWh. Dessa forma, utilizando esse custo médio, chegou-se a uma economia de aproximadamente R\$ 1.969,82 ao mês.

Quadro 3 - Média tarifária

Mês	Consumo	Valor	Custo Unitário
02/23	24060	R\$ 14.476,22	R\$ 0,601672
03/23	46763	R\$ 30.196,70	R\$ 0,645739
04/23	37938	R\$ 23.928,33	R\$ 0,630722
05/23	38899	R\$ 25.778,44	R\$ 0,662702
06/23	31822	R\$ 22.398,83	R\$ 0,703879
07/23	24461	R\$ 18.006,98	R\$ 0,736151
08/23	31317	R\$ 24.619,23	R\$ 0,786130
09/23	36779	R\$ 27.696,50	R\$ 0,753052
10/23	37701	R\$ 28.816,04	R\$ 0,764331
11/23	38728	R\$ 29.106,10	R\$ 0,751552
12/23	28075	R\$ 20.890,03	R\$ 0,744079
01/24	20376	R\$ 14.276,47	R\$ 0,700651
02/24	26078	R\$ 17.835,77	R\$ 0,683939
03/24	43975	R\$ 32.239,85	R\$ 0,733140
04/24	42106	R\$ 32.384,84	R\$ 0,769126
05/24	38647	R\$ 29.399,17	R\$ 0,760710
Total	547725	R\$ 392.049,50	R\$ 0,715778

Fonte: Fatura de energia elétrica da UTFPR - Campus Apucarana.



O investimento inicial em lâmpadas LED (R\$ 219.946,53), considerando uma tarifa unitária de R\$ 0,715778, e uma economia de R\$ 1.969,82 ao mês, resulta em um *payback* de aproximadamente 9 anos (111 meses). No entanto, convém ressaltar que houve um reajuste na tarifa de energia de aproximadamente 19% entre fevereiro de 2023 e maio de 2024. Esse aumento, e os posteriores aumentos tendem a reduzir o tempo de retorno do investimento, uma vez que a economia proporcionada pelas medidas de eficiência energética se torna ainda mais significativa. É importante destacar ainda que, nesse período, os custos adicionais com a substituição de novas lâmpadas e descarte serão menores, já que a vida útil dos LEDs é significativamente maior. Santos *et al.* (2015) destaca que, com uma vida útil que pode chegar a 50.000 horas, as lâmpadas LED podem durar até 50 vezes mais que as incandescentes (1.000 horas) e 8 vezes mais que as fluorescentes (6.000 horas), diminuindo a necessidade de trocas e, consequentemente, reduzindo custos.

Sanquetta (2017) destaca que a necessidade de racionalizar o consumo energético é evidente, dada sua relevância para a sustentabilidade econômica e ambiental. Ademais a economia financeira proporcionada aos cofres públicos pela predileção das lâmpadas de LED em detrimento às convencionais, destaca-se também benefícios relacionados às questões ambientais. Diversamente às lâmpadas convencionais, principalmente as fluorescentes, as lâmpadas de LED não possuem mercúrio em sua formulação, uma substância tóxica com alto poder de contaminação do solo e da água caso não seja descartada de maneira adequada. Adicionalmente, o armazenamento ou descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes, além de altamente contaminante, contribui para a intensificação do efeito estufa e para o aumento da radiação ultravioleta, com graves consequências para a saúde humana e para os ecossistemas (Santos *et al.*, 2015). Outro ponto em destaque é a meta estipulada no COP-5 realizado em Genebra na Suíça em 2023, ficou estipulado um prazo para o fim do uso do mercúrio, assim o Brasil tem até 2025 para tirar do mercado as lâmpadas fluorescentes (EBC, 2023).

3.2 IMPACTO DA INSTALAÇÃO DA USINA

A partir dos dados da fatura de energia e da geração fotovoltaica, apresentados em detalhes no quadro 4, foi possível identificar a variação do consumo entre os períodos.

Quadro 4 - Comparação de consumo entre 2022 e 2023

Mês	Consumo antes da Usina	Valor Cobrado na Fatura 2022	Mês	Consumo Após a Usina	Valor Cobrado na Fatura 2023	kWh Gerada pela Usina	Total da demanda
Junho/22	40.489	R\$ 29.493,53	Junho/23	31.822	R\$ 22.398,83	10.380	42.202
Julho/22	32.693	R\$ 20.554,93	Julho/23	24.461	R\$ 18.006,98	11.149	35.610
Agosto/22	41.056	R\$ 24.747,63	Agosto/23	31.317	R\$ 24.619,23	11.859	43.176
Setembro/22	42.484	R\$ 25.762,26	Setembro/23	36.779	R\$ 27.696,50	12.566	49.345
Outubro/22	39.708	R\$ 23.477,97	Outubro/23	37.701	R\$ 28.816,04	11.407	49.108
Novembro/22	38.342	R\$ 22.930,24	Novembro/23	38.728	R\$ 29.106,10	11.247	49.975
Dezembro/22	33.638	R\$ 19.546,45	Dezembro/23	28.075	R\$ 20.890,03	14.020	42.095
Janeiro/23	25.013	R\$ 13.985,49	Janeiro/24	20.376	R\$ 14.276,47	13.540	33.916



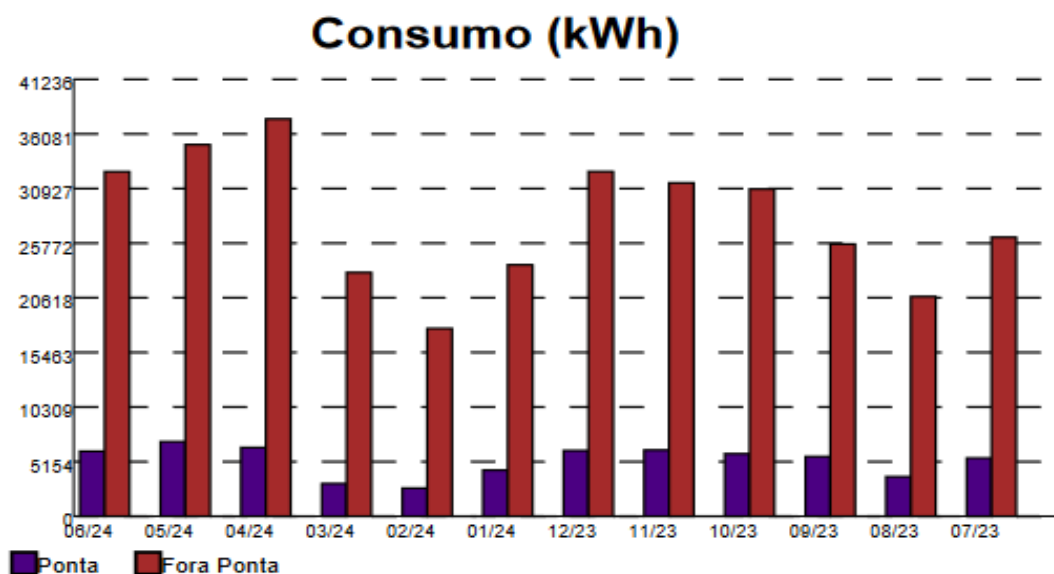
Mês	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	Mês	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	Mês	Consumo (kWh)	Valor (R\$)
Fevereiro/23	24.060	R\$ 14.476,22	Fevereiro/24	26.078	R\$ 17.835,77		11.981	38.059
Março/23	46.763	R\$ 30.196,70	Março/24	43.975	R\$ 32.239,85		12.941	56.916
Abril/23	37.938	R\$ 23.928,33	Abril/24	42.106	R\$ 32.384,84		11.384	53.490
Maió/23	38.899	R\$ 25.778,44	Maió/24	38.647	R\$ 29.399,17		10.279	48.926
Total	441.083	274.878,19		400.065	297.669,81		142.753	542.818

Fonte: Fatura de energia elétrica da UTFPR - Campus Apucarana.

A análise dos dados do quadro 4, revelou que a demanda total cresceu aproximadamente 23% no período. No entanto, a usina gerou em média 11.896 kWh por mês, resultando em uma redução de cerca de 26% no consumo. Considerando a tarifa média apresentada no quadro 2, de R\$0,715778, a economia mensal foi de aproximadamente R\$8.514,90. Uma vez que o investimento para instalação da usina totalizou R\$ 455.999,00, o *payback* estimado será de 4,5 anos. Além da economia financeira, a usina oferece outros benefícios, como a proteção contra aumentos tarifários e a independência energética em momentos de crise.

Ao analisar o histórico de consumo do campus, constatou-se que a maioria da energia é consumida durante o período tarifário fora de ponta, conforme demonstra a figura 3.

Figura 3 - Histórico de Consumo



Fonte: Fatura de energia elétrica do campus - Maio (2024)

A energia consumida durante a geração da usina é utilizada instantaneamente, estando dessa forma isenta de taxas. A energia produzida pela usina e não utilizada simultaneamente é injetada na rede elétrica e poderá ser utilizada posteriormente através de créditos de energia. No entanto, os créditos de energia possuem um valor menor do que o valor pago pela energia consumida da rede, cerca de 30%, isso ocorre devido a diversas razões, como a necessidade de compensar os custos de manutenção da rede elétrica e garantir o funcionamento do sistema. Diante disso, destaca que o fato de o maior consumo do campus ocorrer simultaneamente à geração da usina fotovoltaica evidencia a eficiência do sistema de autoconsumo e a maior economia na conta de energia.

3.3 REDUÇÃO DO CARBONO NA ATMOSFERA

É importante destacar que os benefícios da modernização da iluminação e da instalação de usina fotovoltaica extrapolam os aspectos econômicos. A contabilização das emissões de gases do efeito estufa é fundamental para a gestão ambiental e o desenvolvimento de políticas climáticas eficazes. Diante desse contexto, para o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação MCTI (2024), ao considerar a média das emissões de todas as usinas geradoras, os fatores de emissão médios de CO₂ fornecem uma estimativa da quantidade de CO₂ liberada por cada unidade de energia elétrica produzida. Diante disso, foi possível calcular o impacto da geração de energia elétrica pela usina fotovoltaica no meio ambiente, através dos dados do fator médio apresentado no quadro 5:

Quadro 5 - Dados do Fator Médio Mensal

Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)											Fator Médio	
MÊS												
06/23	07/23	08/23	09/23	10/23	11/23	12/23	01/24	02/24	03/24	04/24	05/24	0,4713
0,0528	0,0495	0,0419	0,0343	0,0387	0,0529	0,0459	0,0421	0,0376	0,0278	0,0195	0,0283	

Fonte: MCTI Inventário (2024)

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados referentes à economia nas trocas das lâmpadas (2.752 kWh ao mês) e da geração de energia pela usina fotovoltaica (11.896 kWh ao mês), mostra que foi possível evitar a emissão de aproximadamente 82,84 toneladas de CO₂ no período de fevereiro de 2023 a maio de 2024. Dixit (2020) destaca que, ao contrário dos combustíveis fósseis, a energia solar, proveniente da radiação solar, é limpa e renovável. Sua produção tem um impacto ambiental praticamente nulo, tornando-a uma alternativa sustentável e superior às fontes convencionais. A eficiência energética, através da economia e da geração de energia limpa e renovável, também contribui para a construção de uma imagem positiva da organização, fortalecendo seu compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade social.

4 CONCLUSÃO

Em um cenário de desafios financeiros e crescente demanda por sustentabilidade, a utilização de medidas de eficiência energética nos campi da UTFPR, como o de Apucarana, torna-se imprescindível para um futuro mais sustentável. Investir em eficiência energética, utilizando tecnologias limpas e promovendo práticas sustentáveis entre a comunidade acadêmica, é uma decisão estratégica. Além de reduzir custos, essa iniciativa contribui para a formação de profissionais mais conscientes e prepara a instituição para os desafios do século XXI.

A pesquisa evidencia que a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs e a instalação de usinas fotovoltaicas são soluções eficientes para reduzir o impacto ambiental e os custos com energia elétrica. Essas medidas também contribuem para diminuir a emissão de



gases do efeito estufa e a dependência de fontes não renováveis, ainda com retorno do investimento a curto prazo.

A pesquisa demonstrou que a atualização da matriz energética proporcionou maior autonomia em relação às flutuações tarifárias. Além disso, essa mudança contribuiu para a redução do impacto ambiental, diminuindo a quantidade de lâmpadas descartadas.

Os recursos economizados com as medidas de eficiência energética implementadas podem ser reinvestidos em novas iniciativas para otimizar ainda mais o consumo de energia. Considerando que parte da demanda energética já é atendida pela geração própria, o investimento em novas usinas fotovoltaicas pode gerar reduções ainda mais significativas no consumo de energia da rede elétrica convencional. Parcerias como a estabelecida com a Copel ou a busca por orçamento externo, com outros órgãos, facilitam a implementação desses projetos e o acesso a recursos financeiros. Destaca-se ainda que, a divulgação dos resultados da pesquisa pode servir como exemplo para outras instituições e contribuir para a disseminação de boas práticas em eficiência energética.

O estudo, embora tenha apresentado resultados promissores, possui algumas limitações. O período de análise foi relativamente curto, o que pode ter subestimado os benefícios da troca das lâmpadas a longo prazo. Além disso, a influência de fatores externos, como variações climáticas e mudanças no perfil de ocupação dos espaços, torna complexa a identificação precisa do impacto no consumo energético total.

Em resumo, a pesquisa demonstra que a implementação de medidas de eficiência energética no campus Apucarana da UTFPR é uma decisão estratégica, com benefícios econômicos e ambientais. Apesar de algumas limitações, os resultados obtidos são promissores e indicam o caminho para um futuro mais sustentável.

5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AJIBOLA, O. O. E.; Jimoh, M. M.; Shita, B. M.; Abolarin, M.S.; Lagrange, L. Economics of deploying LED lamps as energy efficiency measure in the Senate building of the University of Lagos using time series analysis. **Materials Today: Proceedings**, 2023.

BERTOLINI, A. L.; SEHNEM, A.; SILVA, M. B. C.; SCORTEGAGNA, M. C. A. L. R. H; GANZER, P.P; NODARI, C. H.; OLEA, P. M.; DORION, E. C. H. Análise de Investimentos em P&D: O Caso da Rio Grande Energia. **Debates e experiências interdisciplinares**, p. 115. 2013.

BRASIL. **Lei 12.285 de 06 de julho de 2010**. Confere ao Município de Apucarana, no Estado do Paraná, o título de Capital Nacional do Boné. 2010. Disponível em: https://planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12285.htm. Acesso em 04/09/2024.

BRASIL. **Lei nº 9991, de 24 de Julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm. Acesso em 04/09/2024

CAMPOS, G. R. M.I; SILVA, G. da; SOARES, F. C.; MEDEIROS, K. S. Análise da eficiência energética de usinas fotovoltaicas ao longo de um dia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38157-38169, 2021.

DIXIT, S. Tecnologias solares e suas implementações: Uma revisão. **Materials Today: Proceedings**, v. 28, p. 2137-2148, 2020.

FERNANDINO, J. A.; Oliveira, J. L. de. Arquiteturas organizacionais para a área de P&D em empresas do setor elétrico brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 14, p. 1073-1093, 2010.



GALLOTTI, V. D. M. Eficiência energética e empoderamento das suas políticas públicas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 06, Ed. 05, Vol. 11, pp. 93-113. Maio de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/energetica-e-empoderamento>

GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 12, n. 33, p. 7-15, Aug. 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141998000200002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 06/09/2024

MAISONNAVE, P. R. A contextualização da inovação na área de pesquisa e desenvolvimento das empresas do setor elétrico brasileiro. **Programa de Pós-Graduação em Administração da PUC-Rio, (Opção profissional), Rio de Janeiro**, 2008.

Portal ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamadas de Projetos de PDI Estratégicos. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/chamadas-de-projetos-de-pdi-estrategicos>. Acesso em 06/09/2024

Portal Casa Civil. Lançamento do Novo PAC. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2024/junho/governo-federal-garante-r-5-5-bilhoes-em-investimentos-para-universidades-no-novo-pac>. Acesso em: 06/09/2024

Portal CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Termo de Execução Descentralizada - TED. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/parcerias/nacionais-1/termo-de-execucao-descentralizada-ted.2021>. Acesso em 05/09/2024.

Portal DOE - Departamento de Energia nos EUA. Disponível em: <https://www.energy.gov/lm/doe-history>. Acesso em 05/09/2024

Portal EPE - Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Eficiência Energética. 2018. **ABCD Energia**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica> acesso em 06/09/2024.

Portal Governo do Estado do Paraná. Capital Nacional do Boné, Apucarana tem 2,2 mil empresas no segmento. 2020. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Capital-nacional-do-bone-Apucarana-tem-22-mil-empresas-do-segmento>. Acesso em 07/09/2024.

Portal Governo do Estado do Paraná. Copel divulga resultado do Programa de Eficiência Energética. 2019. Disponível em : <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Copel-divulga-resultado-do-Programa-de-Eficiencia-Energetica>. Acesso em: 07/09/2024

Portal IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html> . Acesso em 05/09/2024

PORTAL MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fator Médio - Inventários Corporativos 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/fator-medio-inventarios-corporativos> Acesso em 10/09/2024.

Portal Nações Unidas Brasil. Agenda de Desenvolvimento Sustentável é adotada por unanimidade pelos 193 Estados -Membros da ONU. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/70886-agenda-de-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-%C3%A9-adotada-por-unanimidade-pelos-193-estados-membros-da>. Acesso em 06/09/2024.

Portal Observatório do Conhecimento. Balanço Anual do Orçamento do Conhecimento 2023. Disponível em: <https://observatoriodoconhecimento.org.br/subfinanciamento-ameaca-educacao-e-ciencia-no-brasil-balanco-orcamento-do-conhecimento-revela-perdas-de-r-117-bilhoes/>. Acesso em 06/09/2024

Portal UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Notícias: Neste verão, reduza o seu consumo de energia elétrica. 2019. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2019/01/neste-verao-reduza-o-seu-consumo-de-energia-eletrica/> Acesso em 07/09/2024



Edição em Português e Inglês / *Edition in Portuguese and English* - Vol. 12, N. 39, 2024

Portal UTFPR. Resolução COUNI/UTFPR, nº 128 de 10 de maio de 2024. 2024. Disponível em:
<https://nuvem.utfpr.edu.br/index.php/s/eFDcgoHgLE9rIaL>. Acesso em 09/09/2024.

Portal UTFPR. Dados Abertos. 2023. Disponível em: <https://www.utfpr.edu.br/aceso-a-informacao/dados-abertos>.
Acesso em 09/09/2024.

Portal UTFPR. SEI - Pesquisa Pública. 2024. (processos: 23064.014531/2020-92; 23064.051540/2021-45;
23064.020543/2022-18; 23064.046222/2022-43) Disponível em:
https://sei.utfpr.edu.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_pesquisar.php?acao_externa=protocolo_pesquisar&acao_origem_externa=protocolo_pesquisar&id_orgao_externo=0

SANTOS, T. S.; MARÍLIA C. B.; SIMONE A. P.; LUCIANA S. R. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 595-602, 2015.

BENEDITO R. S. da; ASANO, P. T. L.; TORIN, L.R. Limites de Inserção da Geração Solar Fotovoltaica em Universidades Federais. In: **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2018.

WAAS, T.; VERBRUGGEN, A.; WRIGHT, T. University research for sustainable development: definition and characteristics explored. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 7, p. 629-636, 2010.