

ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA COMERCIAL¹

CASE STUDY: APPLICATION OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN A
COMMERCIAL CONSUMER UNIT

Luany Toniato Oliveira²

Marcelo Brunoro³

RESUMO: A otimização do consumo de energia elétrica, por meio da eficiência energética, desempenha um papel significativo e está alinhada com metas tanto econômicas quanto ambientais. Nesse contexto, este artigo é um estudo de caso sobre possíveis medidas de eficiência energética a serem aplicadas em um supermercado. Este diagnóstico energético visa avaliar melhorias que podem ser aplicadas na modalidade de tarifação da unidade consumidora e no sistema de refrigeração, bem como a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica. Os dados foram obtidos através de uma visita técnica ao local, das faturas de energia elétrica de 12 meses consecutivos e da memória de massa do medidor disponibilizada pela distribuidora de energia local, EDP-ES. Os resultados obtidos mostram que é possível obter uma economia de até 26,65% com os gastos com a tarifa de energia mudando o grupo tarifário da unidade consumidora e uma economia anual de aproximadamente R\$ 33.000,00 utilizando energia solar por consórcio. No sistema de refrigeração é possível melhorar a performance dos compressores através de medidas de eficiência energética. Pode-se concluir que este trabalho mostrou diversas oportunidades de o estabelecimento reduzir seus custos com energia elétrica, sendo que uma delas já foi adotada.

Palavras-chave: Eficiência energética; consumo de energia elétrica; modalidades tarifárias; sistemas de refrigeração; energia solar.

ABSTRACT: Optimizing electricity consumption through energy efficiency plays a significant role and is aligned with both economic and environmental goals. In this context, this article is a case study of possible energy efficiency measures to be applied in a supermarket. This energy diagnosis aims to evaluate improvements that can be applied to the consumer unit's charging method and refrigeration system, as well as the installation of a photovoltaic solar energy system with the aim of reducing electricity costs. The data was obtained through a technical visit to the site, electricity bills for 12 consecutive months and the meter's mass memory provided by the local energy distributor, EDP-ES. The results show that it is possible to save up to 26.65% on energy tariffs by changing the tariff group of the consumer unit and an annual saving of approximately R\$ 33,000.00 using solar energy per consortium. In the refrigeration system, it is possible to improve compressor performance through energy efficiency measures. It can be concluded that this work has shown several opportunities for the establishment to reduce its electricity costs, one of which has already been adopted.

Keywords: Energy efficiency; electricity consumption; tariffs; refrigeration systems; solar energy.

¹Trabalho Final de Curso da Pós-Graduação *lato sensu* em Eficiência Energética do IFES Campus Vitória.

²Pós-Graduação *lato sensu* em Eficiência Energética, IFES Campus Vitória, e-mail: luanytoniato@gmail.com.

³Professor Doutor em Engenharia Elétrica, IFES, e-mail: mbrunoro@ifes.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por eficiência energética é de extrema relevância na sociedade, uma vez que a demanda mundial de energia elétrica tem aumentado com o tempo. Portanto, uma gestão inteligente e eficaz do consumo de energia elétrica tem um papel fundamental e pode ser realizada utilizando análise tarifária e medidas de eficiência energética. Com os preços da tarifa de energia aumentando anualmente e a crescente preocupação da população com o meio ambiente, a procura dos consumidores por maneiras de otimizar o consumo de energia elétrica está aumentando. Nesse contexto, torna-se evidente que análise tarifária de energia e a busca por estratégias para reduzir o consumo são de grande importância para atingir objetivos tanto econômicos quanto ambientais (SALES, 2023).

Neste contexto, no âmbito deste estudo voltado para uma unidade consumidora de natureza comercial, a eficiência energética não se restringe a um mero desejo, mas se transforma em uma necessidade fundamental para assegurar a sustentabilidade e a competitividade do empreendimento.

Para uma análise do uso da energia elétrica no Brasil, é importante fracionar o consumo de acordo com o modo de utilização. Conforme dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2023 (ano base 2022), houve um crescimento no consumo de energia elétrica por classe em 2022, em seis das oito classes, incluindo a comercial, que registrou um aumento de 6,6%. Como ilustrado na Figura 1, o setor comercial representa 18,2% do consumo total de energia elétrica no país (EPE, 2023).

De acordo Barros, Borelli e Gedra (2020), aproximadamente metade do consumo de energia elétrica no setor comercial é atribuído aos sistemas de refrigeração. Esta constatação se reflete também no contexto deste estudo, como evidenciado nas análises feitas neste estudo, onde os compressores de refrigeração empregados nos balcões refrigerados e na câmara fria se destacam como a maior carga consumidora de energia elétrica.

Neste contexto, o supermercado deseja diminuir os seus custos com energia elétrica e para isso serão avaliadas a viabilidade técnica e econômica de alternativas de eficiência energética a serem identificadas, para a redução dos gastos com energia

elétrica, e além disso contribuir para sustentabilidade financeira e ambiental do comércio.

Figura 1 – Consumo de energia por classe.



Fonte: EPE (2023, p.4).

Com o objetivo de identificar a alternativa mais viável para o enquadramento tarifário e propor medidas de eficiência energética direcionadas às cargas relevantes da unidade, este estudo irá abordar os seguintes pontos:

- Caracterização do perfil de consumo mensal da unidade consumidora;
- Simulações para mudança da modalidade tarifária;
- Simulações para implantação do uso de energia solar fotovoltaica;
- Proposição de melhorias nos sistemas de cargas relevantes;
- Análise econômica das mudanças propostas.

Essas etapas visam encontrar soluções eficazes para a redução dos gastos com energia elétrica, contribuindo assim para a sustentabilidade financeira e ambiental do supermercado em questão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Conforme a NBR ISO 50002:2014, um diagnóstico energético compreende uma análise do desempenho energético de uma organização, equipamentos, sistemas ou

processos. Ele se fundamenta em medições e observações apropriadas do consumo de energia, eficiência energética e padrões de uso. Esses diagnósticos são planejados e executados como parte integrante da identificação e hierarquização de oportunidades para aprimorar o desempenho energético, reduzir o desperdício de energia e obter benefícios ambientais associados. Os resultados desse diagnóstico oferecem *insights* sobre o estado atual do uso e desempenho de energia, apresentando recomendações priorizadas para melhorias tanto em termos de eficiência energética quanto de benefícios financeiros.

O diagnóstico energético pode ser categorizado em três níveis, de acordo com a profundidade da análise e intervenção. No nível 1, ocorre uma análise preliminar, muitas vezes denominado *walkthrough*. No nível 2, a abordagem envolve uma análise mais aprofundada, incluindo pesquisas energéticas. Por fim, no nível 3, envolve uma análise detalhada, em que geralmente as propostas de modificações tem um alto custo. Essa classificação em níveis permite adaptar a intensidade do diagnóstico conforme a complexidade e a natureza específica das questões energéticas a serem abordadas.

2.2 GRUPOS CONSUMIDORES

A Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021 estabelece Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica como a classificação de consumidores de energia elétrica em grupos e subgrupos, levando em consideração critérios como a tensão de fornecimento, o tipo de fornecimento e a categoria da unidade consumidora (ANEEL, 2021).

Grupo A é composto por unidades consumidoras com conexão de tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou que são atendidas por sistema subterrâneo com tensão inferior a 2,3 kV, e que possuem carga superior a 75 kW. Como pode ser visto no Quadro 1, a subdivisão deste grupo ocorre com base na tensão de conexão.

Por outro lado, o Grupo B engloba unidades consumidoras com conexão em tensão inferior a 2,3 kV, isto é que são atendidas em baixa tensão, e é subdividido em quatro subgrupos. Como pode ser visto no Quadro 2, a subdivisão deste grupo ocorre com base no tipo de cliente.

Quadro 1 – Subgrupos do grupo A

Subgrupo	Tensão de fornecimento
A1	maior ou igual 230 kV
A2	de 88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	de 30 kV a 44 kV
A4	de 2,3 kV a 25 kV
As	menor que 2,3 kV, subterrâneo

Fonte: ANEEL (2021, p.184).

Quadro 2 – Subgrupos do grupo B

Subgrupo	Tensão de fornecimento
B1	residencial
B2	rural
B3	demais classes
B4	iluminação pública

Fonte: ANEEL (2021, p.6).

2.3 ESTRUTURA TARIFÁRIA

De acordo com Barros, Borelli e Gedra (2020), a estrutura tarifária pode ser descrita como um conjunto de tarifas que são aplicadas aos diferentes componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência, variando de acordo com a modalidade de fornecimento.

A tarifa de energia elétrica é um valor, expresso em reais, estabelecido pela ANEEL e é aplicado por unidade de energia elétrica consumida ou demanda de potência requerida. A tarifa é composta por duas componentes essenciais: a Tarifa de Energia (TE) expressa em R\$/kWh que é utilizado no faturamento mensal do consumo de energia elétrica; e a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) expressa em R\$/kWh ou R\$/kW dependendo do caso que é empregada no faturamento mensal correspondente à utilização do sistema de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2021).

Conforme estabelecido pela ANEEL (2021) no Capítulo VII, seções I e II da REN 1000, são definidas duas modalidades tarifárias: a convencional e a horária. A modalidade convencional é caracterizada por uma única tarifa para o consumo de energia, sem diferenciação de horário ao longo do dia. Em contrapartida, no modelo horário, os valores aplicados à tarifa de consumo variam conforme o posto tarifário.

Os três postos tarifários (ponta, fora de ponta e intermediário) são períodos em horas em que os valores aplicados das tarifas são diferentes ao longo do dia. São definidos por distribuidora de acordo com REN 1000/2021 e os Procedimentos de Regulação Tarifária - Proret (ANEEL, 2021):

- Posto Tarifário Ponta: Período diário com duração de 3 horas consecutivas, não se aplica aos sábados, domingos e feriados nacionais.
- Posto Tarifário Intermediário: Período diário com duração de 2 horas, sendo uma hora imediatamente antes e uma hora imediatamente depois do horário de ponta, não se aplica aos sábados, domingos e feriados nacionais.
- Posto Tarifário Fora de Ponta: Período diário composta pelas horas consecutivas e complementares aos horários do posto ponta, e quando aplicável do posto intermediário.

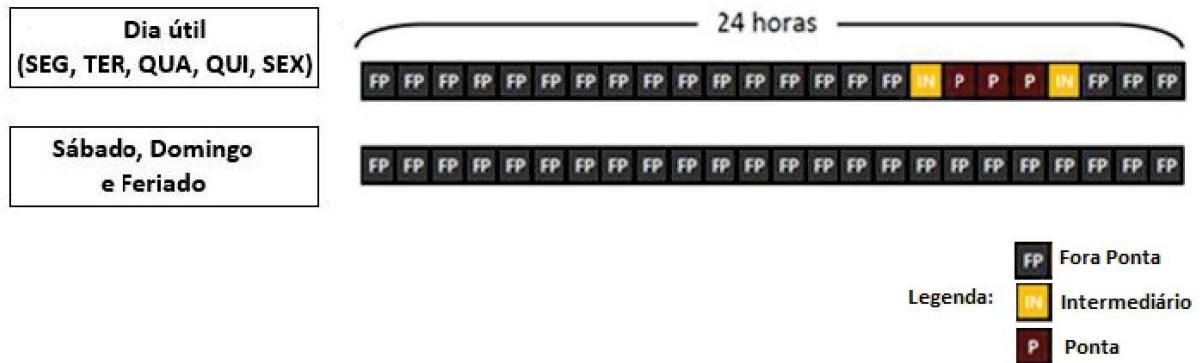
A Figura 2, ilustra as definições de horário de ponta (P), intermediário (IN) e fora de ponta (FP). Os dias úteis estão identificados pelos respectivos termos: segunda-feira (SEG), terça-feira (TER), quarta-feira (QUA), quinta-feira (QUI) e sexta-feira (SEX).

2.3.1 ESTRUTURAS TARIFÁRIAS APLICÁVEIS AO GRUPO A

As UC de energia elétrica conectadas em alta ou média tensão e que possuem carga instalada superior a 75 kW são faturadas por uma tarifa binômica que considera o consumo de energia elétrica e a demanda de potência. As características de cada modalidade são:

- a) Horária azul: A existência de uma tarifa específica para a demanda durante o horário de ponta e outra para o horário fora de ponta; bem como a presença de uma tarifa destinada ao consumo de energia elétrica, também diferenciando o horário de ponta do horário fora de ponta.
- b) Horária verde: A adoção de uma tarifa única para a demanda, independentemente do horário; adicionalmente, há a aplicação de tarifas distintas para o consumo de energia elétrica, segmentadas entre o horário de ponta e o horário fora de ponta.

Figura 2 – Postos tarifários.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018).

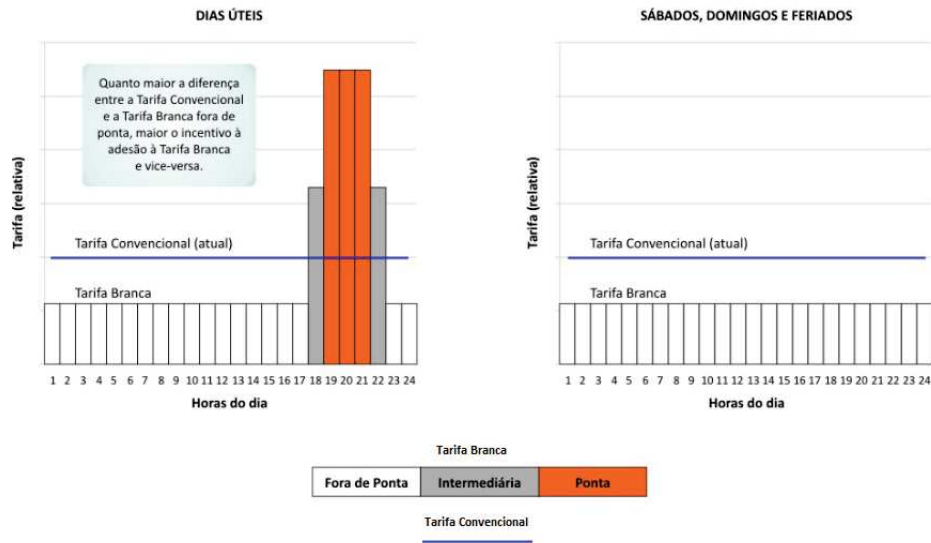
2.3.2 ESTRUTURA TARIFÁRIA APLICÁVEIS AO GRUPO B

As UC de energia elétrica da baixa tensão, das classes residencial, rural, demais classes e iluminação pública, são faturadas por uma tarifa volumétrica que é expressa em R\$/kWh (reais por quilowatt-hora) proporcional ao consumo de energia:

- Convencional Monômnia: Nesta modalidade há aplicação de uma única tarifa para o consumo, independente do horário de consumo.
- Horária Branca: Nesta modalidade tarifária há aplicação de tarifas distintas para os três postos horários: ponta, fora de ponta e intermediário.

A Tarifa Branca é um tipo tarifação no qual os consumidores dos subgrupos B1, B2 e B3 tem a opção de aderir. Nessa modalidade os preços da tarifa de energia variam de acordo com o horário de consumo: no horário de ponta possui tarifas mais elevadas, no horário intermediário apresenta valores intermediários, e no horário fora de ponta valores tarifários mais baixos. Uma representação comparativa entre a Tarifa Branca e Tarifa Convencional é ilustrada na Figura 3, pode-se observar que tarifa branca pode representar uma economia para aqueles consumidores que concentram o uso da energia elétrica nos horários fora de ponta, uma vez que nesse intervalo o custo é menor que o da tarifa convencional (MME, 2018).

Figura 3 – Comparativo entre a tarifa branca e a convencional.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

2.3.3 VALORES DAS TARIFAS E DAS DEMANDAS DE ENERGIA DA EDP ES

Os valores praticados para as tarifas aplicadas pela concessionária de energia, EDP Espírito Santo, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores vigentes de tarifas da EDP Espírito Santo

Modalidade tarifária	Subgrupo	Posto	Tarifa do uso do sistema de distribuição (TUSD)		Tarifas de energia (TE)
			(R\$/kW)	(R\$/kWh)	(R\$/kWh)
Azul	A4	Ponta	47,23	0,12117	0,45803
		Fora de Ponta	31,53	0,12117	0,29041
		Convencional	31,53	-	-
Verde	A4	Ponta	-	1,26783	0,45803
		Fora de Ponta	-	0,12117	0,29401
Convencional	B3	-	0,39253	0,30560	
Branca	B3	Ponta	-	0,95901	0,45925
		Fora de Ponta	-	0,32456	0,29163
		Intermediário	-	0,64178	0,29163

Fonte: EDP ES (2023).

2.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Em projetos de engenharia é necessária a utilização de indicadores econômicos para avaliar a viabilidade econômica. Indicadores como *payback* e valor presente

líquido permitem determinar se um projeto é viável, isto é, se o investimento empregado no início é vantajoso em relação aos retornos que serão obtidos (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2004) (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2020).

2.4.1 *Payback*

O indicador financeiro *payback* determina o tempo necessário para recuperação do investimento inicial através dos fluxos de caixa do projeto. Ele avalia a rapidez em que investimento se paga, em geral quanto mais curto o tempo de recuperação do investimento mais atrativo é o projeto (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2004).

2.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Este indicador representa a diferença entre o valor presente das entradas de caixa (como receitas) e o valor presente das saídas de caixa (como custos) ao longo do tempo que é vida útil, por exemplo do equipamento analisado no projeto. O VPL quando positivo indica que o investimento é economicamente viável, isto é traz lucro, já quando é negativo indica que é inviável, isto é traz prejuízo e quando igual a zero não traz lucro e nem prejuízo (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2004).

2.4.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A TMA é um parâmetro de entrada da análise econômica, representa uma taxa de juros que estabelece o valor mínimo necessário de retorno a ser considerado em um investimento para que ele possa ser considerado viável (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2004).

2.4.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

O indicador financeiro TIR representa a taxa de retorno de um investimento e é utilizada para determinar a rentabilidade de um investimento. A TIR é calculada como a taxa de investimento que faz com que VPL seja igual a zero (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2004).

Este indicador permite a comparação entre projetos diferentes, sendo aconselhável o investimento no projeto de maior TIR (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2019).

Quando a TIR é superior a TMA indica que um investimento é economicamente viável, quando TIR é igual a TMA indica indiferença nas escolhas dos projetos, ou seja, eles são igualmente atrativos, e, quando a TIR é inferior a TMA indica que um investimento é economicamente inviável (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2017).

2.5 TRABALHOS CORRELATOS

O trabalho intitulado “Eficiência energética em supermercados” realizado por Panesi (2008) traz algumas medidas de eficiência energética que devem ser adotadas por supermercados no controle do sistema de refrigeração entre elas estão: o uso de termostatos ou pressostatos nas câmaras de refrigeração e torres de resfriamento; degelo dos evaporadores das câmaras; fechamento de ilhas e balcões durante o período noturno. Com tais medidas, o autor conclui que é possível aumentar a eficiência energética e combater o desperdício de energia em supermercados por meio de observação dos equipamentos e maquinários da instalação.

Já o trabalho realizado por Rocha, Rocha e Bezerra (2023), intitulado “Tecnologia para eficiência energética em uma indústria alimentícia” trata de um projeto de eficiência energética que tem o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica e a demanda de indústria alimentícia. Como resultado da medida de eficiência adotada no sistema de refrigeração foi obtido uma redução de 31% no consumo de energia elétrica.

Firmes *et al.* (2021), com o objetivo de identificar estratégias para viabilizar um consumo mais eficiente de energia elétrica no campus São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo, realizou uma análise sobre o consumo de energia elétrica. Para realizar a análise, foram utilizados os dados coletados na instituição através das contas de energia e de memória de massa. Os resultados obtidos revelaram que, em todos os meses, a demanda contratada excede a máxima demanda do mês, e que os gastos elevados com energia estão diretamente relacionados ao consumo durante os horários de ponta. Diante dessas constatações, o autor sugeriu diversas medidas de gestão que a instituição pode adotar para otimizar o consumo de energia. Estas medidas incluem a revisão

do contrato com a distribuidora de energia e a promoção de mudanças nos hábitos de consumo, visando a transferência de parte da demanda para períodos fora do horário de ponta.

Donolo *et al.* (2021), em seu artigo intitulado “Economic Barriers to the Application of Energy-Efficient Motors in Industry”, apresentou uma análise técnica, econômica e financeira destinada a avaliar a substituição de motor. Nesse contexto, a análise técnica foi empregada para a seleção do motor mais adequado, enquanto indicadores financeiros, como o Valor Presente Líquido (VPL) e o tempo de retorno de investimento, foram utilizados para avaliar a viabilidade econômica dessa substituição. Os resultados dessas análises indicaram que, embora a substituição resultasse em melhorias no desempenho energético dos motores e em economia de energia, no cenário econômico atual, essa troca não se mostrou viável. Isso ressalta a complexidade das decisões de investimento em eficiência energética, onde fatores econômicos desempenham um papel crucial na determinação da viabilidade de implementação de melhorias.

3 METODOLOGIA

O objeto de estudo deste artigo é um supermercado localizado na cidade de Serra, no Espírito Santo. O local ocupa um terreno de 800 m², possui uma área total construída de 1.389,58 m². Possui em suas dependências salas administrativas, depósitos, câmaras frias, área de produção, entre outros. O local funciona de segunda a sábado de 7h30 às 20h30.

O enfoque do diagnóstico energético realizado foi analisando principalmente a tarifação e a o sistema de refrigeração.

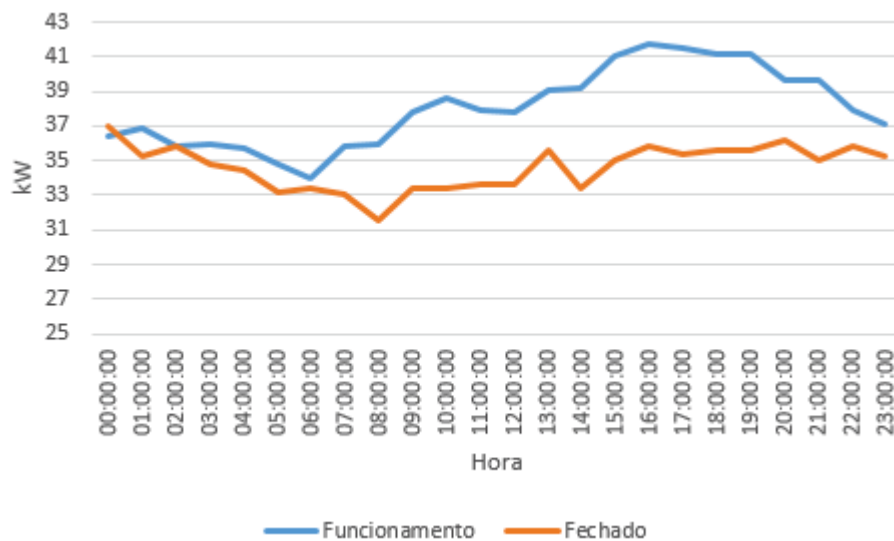
3.2 ANÁLISE TARIFÁRIA E DE PERFIL DE CONSUMO

Atualmente, a unidade consumidora possui uma carga instalada de 67,5 kVA e mantém um contrato com a distribuidora de energia elétrica, EDP Espírito Santo, enquadrando-se como cliente do grupo B, no subgrupo B3, pertencente à classe comercial, com fornecimento trifásico, tensão nominal de 220/127 V e modalidade tarifária convencional.

Para a análise do consumo de energia elétrica, foram levantados os dados das faturas de energia elétrica de 12 meses consecutivos, abrangendo o período de agosto de 2022 a julho de 2023. Adicionalmente, solicitou-se à EDP a disponibilização da memória de massa do medidor de energia elétrica, possibilitando uma análise mais aprofundada do perfil de consumo e da curva de carga da unidade consumidora.

A partir dos dados da memória de massa do medidor foi possível gerar a curva de carga característica da unidade consumidora (UC). A Figura 4 apresenta a curva de carga, obtida a partir das médias do consumo hora a hora nos dias de funcionamento e nos dias em que o estabelecimento esteve fechado ao longo do mês de junho de 2023.

Figura 4 – Curva de carga média do mês de junho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se nas curvas da Figura 4 que nos dias em que o estabelecimento está fechado, o consumo de energia elétrica é menor em comparação aos dias de funcionamento. Isso ocorre devido ao desligamento das cargas relacionadas à iluminação, ventiladores e computadores. Ao analisar os valores médios hora a hora do mês de janeiro, tem-se um consumo diário médio de 912,52 kWh/dia nos dias de funcionamento e 831 kWh/dia nos dias fechados. Esse cenário destaca que os maiores ofensores no consumo de energia são as cargas que operam 24h por dia, 7

dias por semana, característica inerente ao sistema de refrigeração utilizado para a conservação dos alimentos.

A caracterização da UC em relação à sazonalidade, especificamente nas variações ao longo das estações do ano, refere-se à uma análise dos padrões de consumo de energia elétrica que apresentam características distintas para diferentes períodos sazonais. Essa abordagem visa identificar e compreender as variações nos padrões de consumo, proporcionando uma avaliação mais precisa das necessidades energéticas específicas em cada estação. No âmbito desse contexto, a Tabela 2 apresenta os dados referentes ao padrão de consumo de acordo com as estações do ano.

Tabela 2 – Consumo de acordo com a estação do ano

Estação	Consumo Ponta [kWh]	Consumo Intermediário [kWh]	Consumo Fora de Ponta [kWh]	Total de energia consumida [kWh]
Primavera	6.892,0	4.565,6	67.454,4	78.912,00
Verão	7.517,6	4.948,8	72.629,6	85.096,00
Outono	7.485,6	4.866,4	73.835,2	86.187,20
Inverno	8.022,4	5.266,4	68.625,6	81.914,40

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que, para a Unidade Consumidora em análise, não se identifica uma variação de consumo de forma sazonal ao longo das diversas estações do ano. Essa constatação indica a ausência de um padrão sazonal discernível.

3.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração desempenha um papel crucial em supermercados, uma vez que o armazenamento de alimentos está sujeito a rigorosas normas de segurança alimentar. Manter esse sistema operando de maneira eficiente é vital para garantir a integridade dos alimentos e o cumprimento das normas estabelecidas.

O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) através do material "Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial"

traz diversos métodos qualitativos e quantitativos capazes de melhorar a eficiência energética. Neste artigo, devido a limitação de dados numéricos abrangentes a respeito do sistema de refrigeração em questão, as soluções serão focadas em métodos qualitativos.

Nesse contexto, o coeficiente de performance (COP) emerge como um indicador essencial, expressando a eficiência de um sistema de refrigeração. O COP pode ser obtido por meio da equação 1 que calcula a relação entre a quantidade de calor removida do sistema e a energia consumida para realizar essa transferência térmica. Alternativamente, o COP pode ser expresso como a razão entre a potência extraída do sistema na forma de calor (CR) e a potência consumida para realizar essa transferência térmica (PC), ambas em kW. Quanto maior o valor do COP, mais eficiente é o sistema (PROCEL, 2005).

$$COP = \frac{\text{Energia Util}}{\text{Energia Gasta}} = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{W}_c} = \frac{CR}{PC} \quad (1)$$

3.3 ANÁLISE ECONÔMICA

A metodologia da análise econômica realizada com base nos cálculos dos indicadores financeiros VPL, TIR e payback, utilizando o fluxo de caixa para examinar a movimentação financeira ao longo do período analisado. Os cálculos dos indicadores econômicos foram realizados por meio de planilhas eletrônicas no Excel.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Com base nos dados da memória de massa, foram conduzidas simulações para avaliar os gastos com o consumo energia elétrica (TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição e TE – Tarifa de Energia), mantendo a unidade no grupo B. Isso envolveu a comparação entre a tarifa convencional e a tarifa branca (vide Tabela 3) e a consideração da possibilidade de a unidade migrar para o grupo A, com a análise dos valores associados às tarifas azul e verde, ajustando conforme a demanda (Vide Tabela 4).

Os montantes financeiros listados na Tabela 3 para a tarifa convencional foram obtidos através da soma do consumo de todos os postos tarifários, multiplicado pelo valor correspondente da tarifa de consumo (TUSD+TE para o subgrupo B3) presente na Tabela 1. No caso da tarifa branca, os cálculos foram realizados multiplicando o consumo em cada posto tarifário pelo valor correspondente da tarifa de consumo, determinado de acordo com a categoria do posto tarifário (TUSD+TE para o subgrupo B3) da Tabela 1.

Tabela 3 – Comparação entre tarifa convencional e tarifa branca (Grupo B)

Período	Consumo Ponta [kWh]	Consumo Fora Ponta [kWh]	Consumo Intermediário [kWh]	Tarifa Convencional [R\$]	Tarifa Branca [R\$]	Economia Percentual
ago/22	2.854,4	22.711,2	1.904,0	19.177,35	19.819,91	-3,35%
set/22	2.424,0	22.284,0	1.627,2	18.385,39	18.687,88	-1,65%
out/22	2.233,6	23.092,0	1.499,2	18.727,20	18.796,25	-0,37%
nov/22	2.329,6	22.119,2	1.536,0	18.140,77	18.367,33	-1,25%
dez/22	2.727,2	24.615,2	1.777,6	20.329,55	20.694,75	-1,80%
jan/23	2.545,6	24.576,0	1.696,0	20.118,43	20.336,87	-1,09%
fev/23	2.126,4	22.660,0	1.412,8	18.290,45	18.297,38	-0,04%
mar/23	3.081,6	25.991,2	1.992,0	21.687,27	22.245,38	-2,57%
abr/23	2.184,0	25.083,2	1.408,8	20.019,58	19.868,48	0,75%
maio/23	2.513,6	24.356,0	1.627,2	19.894,47	20.091,71	-0,99%
jun/23	2.537,6	22.834,4	1.676,0	18.883,02	19.233,70	-1,86%
jul/23	2.360,0	22.222,4	1.490,4	18.202,20	18.431,47	-1,26%
Total				231.855,68	234.871,11	
Média				19.321,31	19.572,59	-1,30%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, com base na Tabela 3, conclui-se que a transição do sistema de tarifação convencional para a tarifa branca não é economicamente viável, uma vez que

resultaria em um aumento médio de 1,30% nos custos associados ao consumo de energia elétrica.

Tabela 4 – Comparação entre tarifa atual com as tarifas verde e azul (Grupo A)

Período	Consumo Ponta [kWh]	Consumo Fora de Ponta [kWh]	Tarifa Verde [R\$]	Tarifa Azul [R\$]	Economia Percentual (Convencional e Verde)	Economia Percentual (Convencional e Azul)
ago/22	2.854,4	24.615,2	16.003,32	14.147,19	16,55%	26,23%
set/22	2.424,0	23.911,2	14.970,76	13.608,15	18,57%	25,98%
out/22	2.233,6	24.591,2	14.922,03	13.777,75	20,32%	26,43%
nov/22	2.329,6	23.655,2	14.702,47	13.448,11	18,95%	25,87%
dez/22	2.727,2	26.392,8	16.515,41	14.805,14	18,76%	27,17%
jan/23	2.545,6	26.272,0	16.152,28	14.650,24	19,71%	27,18%
fev/23	2.126,4	24.072,8	14.523,65	13.502,29	20,59%	26,18%
mar/23	3.081,6	27.983,2	17.781,64	15.664,99	18,01%	27,77%
abr/23	2.184,0	26.492,0	15.618,76	14.531,35	21,98%	27,41%
maio/23	2.513,6	25.983,2	15.978,19	14.512,84	19,69%	27,05%
jun/23	2.537,6	24.510,4	15.413,43	13.920,57	18,37%	26,28%
jul/23	2.360,0	23.712,8	14.778,64	13.489,43	18,81%	25,89%
Total			187.360,57	170.058,06		
Média			15.613,38	14.171,50	19,19%	26,65%

Fonte: Elaborado pelo autor.

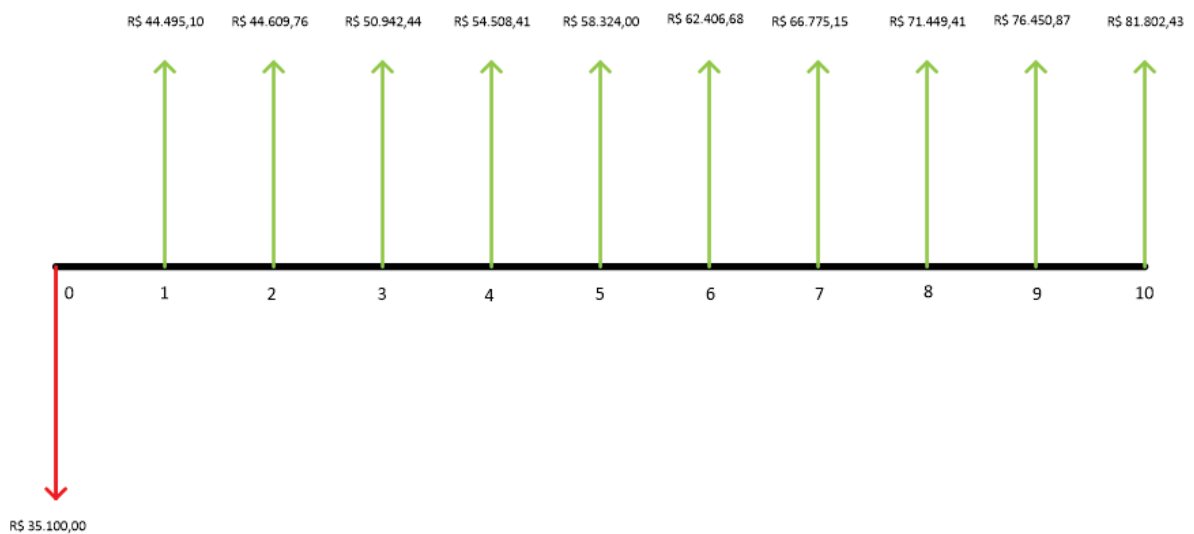
Os valores financeiros apresentados na Tabela 4 para as tarifas azul e verde foram calculados com base na soma da parcela de consumo e da parcela de demanda. A parcela de consumo foi obtida multiplicando o consumo durante o horário de ponta pelo correspondente valor da tarifa nesse período, somado ao produto do consumo fora do horário de ponta pelo correspondente valor da tarifa nesse período. Os valores das tarifas estão detalhados na Tabela 1, que são os valores correspondentes ao subgrupo A4. A tarifa de demanda foi determinada multiplicando a demanda contratada pelo valor da tarifa de demanda, cujo valor está especificado

na Tabela 1. A demanda considerada foi de 30 kW, que representa o valor mínimo de demanda a ser contratado. Esse valor foi escolhido porque a Unidade Consumidora (UC) não excedeu 15 kW em nenhum momento durante os 12 meses analisados, em intervalos de 15 minutos. Os custos mensais associados à TUSD de demanda para a tarifa azul foram de R\$ 1.416,90 no horário de ponta e R\$ 945,90 no fora ponta. Para a tarifa verde, o custo foi de R\$ 945,90.

Assim, com base na Tabela 4, conclui-se que a mudar de grupo B para o grupo A resultará em uma economia. Sendo uma economia de 26,65% se for optar pela modalidade tarifária horária azul e de 19,19% pela modalidade tarifária horária verde.

Para realizar essa mudança é necessário um investimento de aproximadamente R\$ 35.100,00 em uma subestação área. Foram considerados no investimento os custos com projeto, equipamentos, mão de obra, regularização com a concessionária, entre outros. A viabilidade econômica foi realizada considerando uma TMA de 12,25%, que é taxa SELIC atual, e um período de 10 anos. A Figura 5 representa o fluxo de caixa para a tarifa verde e a Figura 6 representa o fluxo de caixa para tarifa azul.

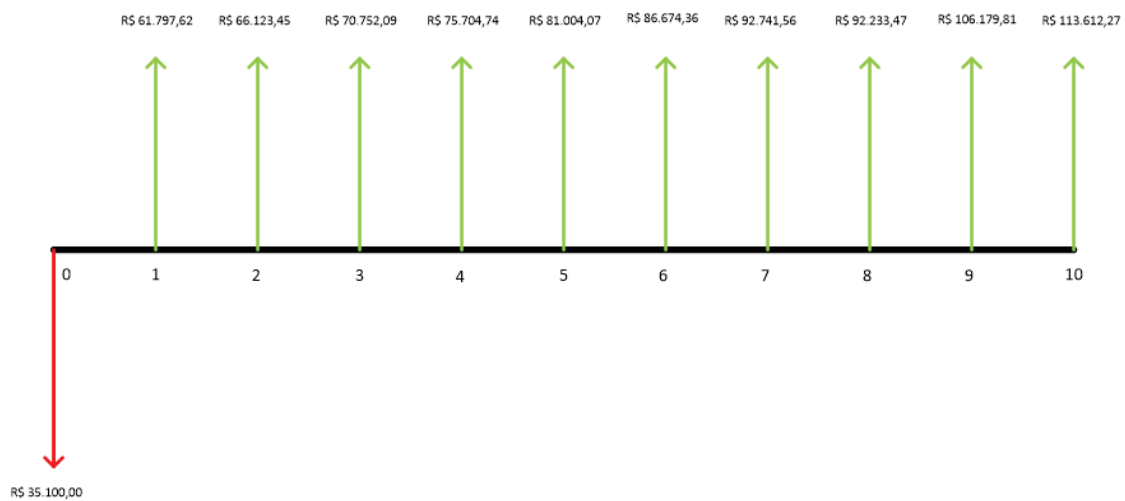
Figura 5 – Fluxo de caixa utilizando a tarifa verde



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os fluxos de caixa foram obtidos considerando que a modalidade tarifária horária azul representa uma economia anual quando comparada a convencional de R\$ 61.797,62, enquanto a modalidade tarifária horária verde representa uma economia anual de R\$ 44.495,10, também foi considerado que a tarifa sofre um aumento anual de 7% para a projeção do fluxo de caixa em um horizonte de 10 anos. Os valores de VPL, TIR e o *payback* descontado estão na Tabela 5, indicadores financeiros para construção da subestação.

Figura 6– Fluxo de caixa utilizando a tarifa azul



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Indicadores financeiros para construção da subestação

Modalidade Tarifária	VPL	TIR	<i>Payback</i> Descontado
Azul	R\$ 412.898,15	183,05%	0,64
Verde	R\$ 287.464,56	133,72%	0,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos dados da Tabela 5 é possível concluir que ambas são economicamente viáveis e que o investimento se paga em menos de 1 ano para a azul e verde em 7,65 meses e 10,63 meses, respectivamente.

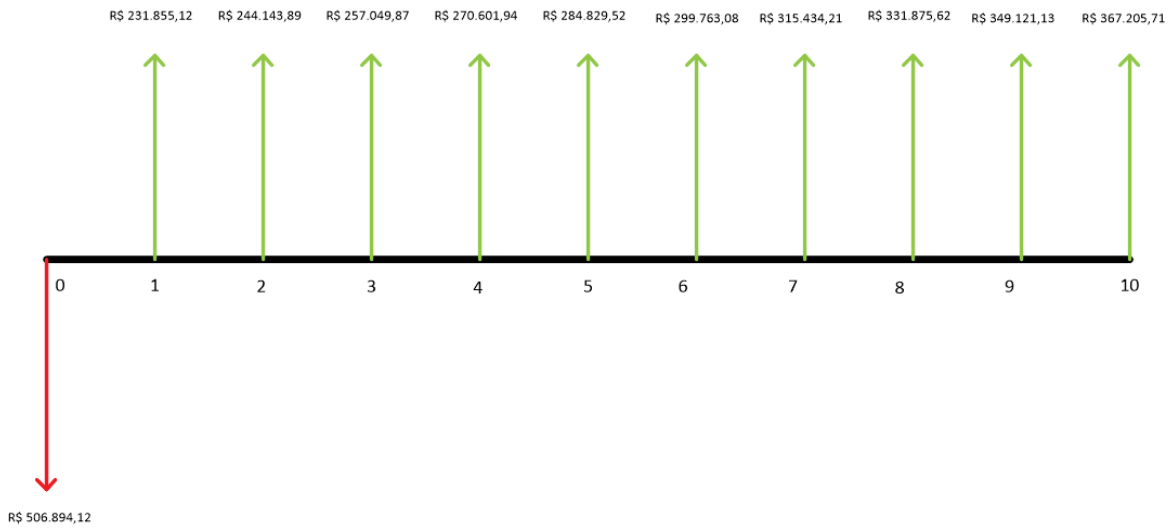
4.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A implementação da geração de energia solar fotovoltaica emerge como uma solução eficaz para a redução dos custos associados à conta de energia elétrica. Para a unidade consumidora que possui um consumo médio de 27.700 kWh/mês, a potência da usina solar necessária seria de 232,7 kWp, ocupando uma área aproximada de 1.100,00 m² e utilizando 423 módulos fotovoltaicos de 550 W. Potência de pico da usina foi calculada considerando uma média diária de produção de 923,33 kWh/dia, irradiação solar diária média anual igual a 4,96 segundo dados do CRESEB para a cidade de Serra no Espírito Santo e rendimento de 80%. O investimento estimado necessário para esta usina é de R\$ 506.894,12. A implementação dessa usina é inviável devido a área disponível de telhado no local.

Considerando a área de telhado disponível no supermercado para a instalação de módulos fotovoltaicos, que é de aproximadamente 695 m² é possível fazer um arranjo de 224 módulos fotovoltaicos, e com isso suprir o consumo em média de 14665,73 kWh/mês, o que representa 54,3% do total da energia consumida. A potência da usina seria de 123,2 kWp, com um investimento de R\$ 282.177,55.

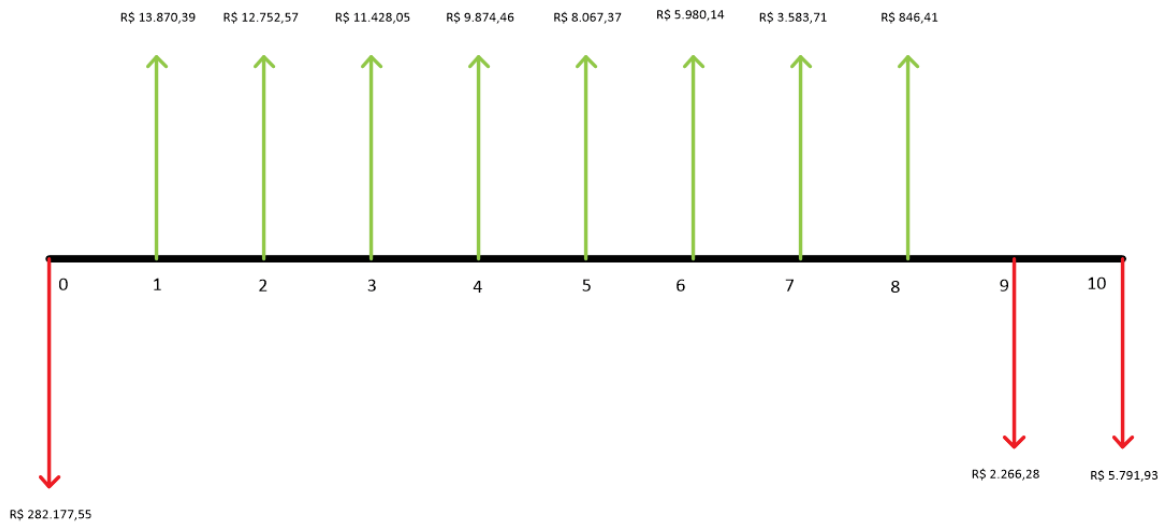
As Figuras 7 e 8 ilustram os fluxos de caixa associados às usinas solares 1 e 2, respectivamente. Estes fluxos de caixa foram elaborados para um período de 10 anos, levando em consideração um aumento anual de 7% na tarifa e uma perda anual de eficiência dos módulos fotovoltaicos de 0,08% que impactam na quantidade de energia gerada ao longo dos anos. Os valores apresentados compreendem o investimento inicial no ano zero, seguido pela soma dos custos com energia e as economias geradas pela usina solar nos anos subsequentes.

Figura 7 – Fluxo de caixa para a usina solar 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8 – Fluxo de caixa para a usina solar 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 6 – Indicadores financeiros para construção da usina solar

Potência	VPL	TIR	Payback descontado
232,7 kWp	R\$ 405.439,75	40,04%	2,58
123,2 kWp	R\$ -240.873,21	-39,47%	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores dos indicadores econômicos da Tabela 6 foram obtidos considerando uma taxa de juros de 12,25% ao ano como a taxa mínima de atratividade e o fluxo

de caixa em horizonte de 5 anos. A partir dos dados é possível concluir que apenas a usina de 232,7 kWp é economicamente viável.

Outra alternativa, é realizar um contrato de energia solar por locação, este tipo de contrato não exige nenhum tipo de investimento ou custo de manutenção da usina. Ao assinar o contrato a UC é conectada a energia solar remotamente, através da locação, a empresa de energia solar informa a distribuidora de energia sobre a quantidade de energia que deve ser creditada a sua conta. Foi solicitado a uma empresa uma simulação para a unidade consumidora tendo como base uma conta de energia elétrica do local.

Como pode ser visto na Figura 9, os resultados mostram uma economia de R\$ 2.814,00 por mês para a fatura simulada, isto é, um desconto de 0,10 R\$/kWh no valor atual da tarifa.

Figura 9 – Simulação de energia solar por assinatura



Fonte: EDP Solar, 2023.

4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA REFRIGERAÇÃO

O sistema de refrigeração é composto por 9 compressores (Vide Figura 10), que são responsáveis pelas câmaras frigoríficas de resfriamento e congelamento, balcões de produtos resfriados, ilhas de congelados e balcões de laticínios.

Notavelmente, a loja não emprega refrigeração ambiental, seja por meio de ar condicionado ou outro sistema similar. Em vez disso, são utilizados ventiladores para a climatização do espaço interno da loja.

Como pode ser visto na Figura 11, na sessão de gelados do supermercado, há uma ilha de produtos congelados onde ficam carnes congeladas e alguns balcões refrigerados onde ficam as bebidas que são do tipo abertas.

De maneira qualitativa algumas medidas de eficiência energética podem ser adotadas no sistema de refrigeração para reduzir o consumo de energia elétrica, entre elas:

- Fechamento de ilhas e balcões;
- Porta automática na entrada do estabelecimento;
- Instalação de cortina de vento na porta de entrada;
- Instalação de exaustores eólicos no telhado.

Figura 10 – Compressores de refrigeração



Fonte: Autoria Própria.

Figura 11 – Sessão de gelados do supermercado



Fonte: Autoria Própria.

Tais medidas diminuiriam a carga térmica do ambiente e com isso o exigiria menos do sistema de refrigeração e conseqüentemente reduziria o consumo de energia.

4.3.1 MEDIDAS QUE PODEM MELHORAR O COP DE UM COMPRESSOR

Um dos compressores de refrigeração utilizado na câmara frigorífica é o modelo MT80-3VM da marca Danfoss, é do tipo compressor alternativo e utiliza o R22 como fluido refrigerante.

De acordo com dados do fabricante para uma determinada temperatura de condensação (TC) e temperatura de evaporação (TE) o compressor possui uma capacidade de refrigeração (CR) e um consumo de potência (PC), com esses valores é possível calcular o COP, de acordo com a equação 1, e os valores obtidos estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de COP ao variar a temperatura

Temperatura de Condensação [TC]	Temperatura de Evaporação [TE]	Capacidade de Refrigeração [CR]	Potência Consumida [PC]	Coefficiente de Performance [COP]
45°C	-10°C	11,6649 kW	5,81 kW	2,0077
35°C	-10°C	13,6024 kW	5,22 kW	2,6058
35°C	-5°C	17,2101 kW	5,69 kW	3,0246

Fonte: Elaborado pelo autor.

Do exemplo acima pode-se observar que a redução da temperatura de condensação ou o aumento da temperatura de evaporação geraram um aumento do COP do compressor. De modo geral, pode-se dizer que quanto a maior a temperatura de evaporação ou menor a temperatura de condensação, menor é o consumo de energia.

O PROCEL mostra alguns procedimentos que podem ser adotados para elevar a temperatura de evaporação:

- Assegurar que os produtos armazenados na câmara não obstruam o fluxo de ar dos evaporadores;
- Manter as superfícies de transferência de calor limpas;
- Ajustar a temperatura de evaporação para o maior valor permissível.

O PROCEL mostra alguns procedimentos que podem ser adotados para reduzir a temperatura de condensação:

- Evitar a instalação de condensadores em locais onde haja radiação solar direta ou próximo de alguma fonte de calor;
- Assegurar que o fluxo de ar de resfriamento dos condensadores não esteja restringido;
- Remover periodicamente de ar e gases não condensáveis no interior do sistema.

Os procedimentos mencionados anteriormente não requerem investimentos em substituição de equipamentos para implementação e têm o potencial de resultar em economia. Para alcançar resultados efetivos, destaca-se a importância da manutenção preditiva do sistema.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise tarifária revela a viabilidade financeira para a implementação das alternativas discutidas nas seções anteriores. Atualmente, a carga instalada não atende aos requisitos para a mudança de grupo consumidor. No entanto, ao considerar a possibilidade de aumentar a carga, como por exemplo, instalando um sistema de refrigeração ambiente para a loja, atenderia a esse requisito. A comparação ao considerar o consumo atual e modo como é tarifado no grupo B a potencial mudança para o grupo A indica uma economia significativa de até 26,65%.

A instalação de uma usina solar de 232,7 kWp tem viabilidade econômica, mas não apresenta viabilidade técnica por não haver área disponível. A usina de 123,2 kWp não apresenta viabilidade econômica. Nesse contexto, a energia solar por meio do consórcio surge como uma alternativa atrativa, proporcionando um desconto de 10 centavos para cada kWh consumido, especialmente devido ao consumo elevado da UC. Na simulação, essa escolha resultou em uma economia anual significativa de R\$ 33.700, sem exigir investimentos para instalação ou quaisquer custos com a manutenção.

O sistema de refrigeração, conforme indicado pelas análises realizadas para a caracterização do perfil de consumo, mostrou ser o principal ofensor no consumo de energia elétrica. A avaliação do Coeficiente de Performance (COP) de um dos compressores no local evidencia um potencial de economia. Os procedimentos

recomendados pelo PROCEL mostram que medidas qualitativas, sem custos associados, podem ser implementadas para aumentar a eficiência do sistema.

4 CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo principal explorar medidas de eficiência energética para reduzir os custos operacionais de um supermercado, especialmente relacionados à energia elétrica. Foram propostas estratégias que incluem a reavaliação do grupo consumidor, a implementação de uma usina solar e alterações qualitativas no sistema de refrigeração.

Um ponto relevante a ser destacado é que, ao longo deste trabalho, a unidade consumidora escolheu seguir uma recomendação dos autores para otimizar os custos com energia elétrica. Essa medida específica envolve a implementação de energia solar por meio de um consórcio, visando eficiência e economia.

Por fim, é importante destacar que o emprego de equipamentos de medição apropriados para monitorar o sistema de refrigeração, bem como o acesso aos dados de carga térmica e capacidades de refrigeração seria possível conduzir um estudo quantitativo mais preciso, proporcionando melhores resultados em relação a eficiência energética.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Definições das Condições de Fornecimento de Energia Elétrica**: Resolução normativa nº 1000/2021. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 1059/2023**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acesso em: 25 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO 50002: **Diagnósticos energéticos — Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2014.

BARROS, B. F. de; BORELLI, R.; GEDRA, R. **Gerenciamento de Energia: Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado de Energia Elétrica**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2020.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de Finanças Corporativas**. [S.l.]: McGraw-Hill, 2017.

DONOLO, P. D. *et al.* Economic barriers to the application of energy efficient motors in industry. **IEEE Latin America Transactions**, v. 18, n. 10, p. 1817–1825, Mar. 2021. Disponível em: <https://latamt.ieee9.org/index.php/transactions/article/view/3666>.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023: Ano base 2022**. 2023. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario/anuario-factsheet.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.

FIRMES, V. P. *et al.* Uma análise do consumo de energia elétrica na ufes - campus são mateus. **Latin American Journal of Energy Research**, v. 5, n. 2, p. 1–11, fev. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/lajer/article/view/20585>.

MINISTRIO DE MINAS E ENERGIA. **Manual da Tarifa Branca - Entenda a Tarifa Branca e saiba como ela pode beneficiar o seu bolso**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/documents/36257/0/Manual+Tarifa+Branca.pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

NEWNAN, D. G.; LAVELLE, J. P.; ESCHENBACH, T. G. **Fundamentos de engenharia econômica**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

PANESI, A. R. Q. Eficiência energética em supermercados. **2º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**, 2008.

PROCEL. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 25 de nov. 2023.

ROCHA, S. A.; ROCHA, D. A.; BEZERRA, S. N. Tecnologia para eficiência energética em uma indústria alimentícia. **Pista: Periódico Interdisciplinar Sociedade Tecnologia Ambiente**, 2023.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de Administração Financeira**. [S.I.]: Editora Atlas, 2019.

SALES, Claudio. **Tarifa de eletricidade: percepções e fatos**. Brasil Energia, Rio de Janeiro, 7 de ago. de 2023. Disponível em: <https://editorabrasilenergia.com.br/tarifa-de-eletricidade-percepcoes-e-fatos/>. Acesso em: 06 de dez. de 2023.

LUANY TONIATO OLIVEIRA

**ESTUDO DE CASO - GERENCIAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA
ATRAVÉS DE ANÁLISE TARIFÁRIA E MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA COMERCIAL**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação Especialização em Eficiência Energética, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Eficiência Energética.

Aprovado em 15 de dezembro de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA



Doutor Marcelo Brunoro
Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes
Orientador



Doutor Cláudio Bravin Donadel
Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes
Membro Interno



Doutor Ralf Majeovski Santos
Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes
Membro Interno