

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA ELÉTRICA

JOÃO PEDRO MACEDO FÉLIX

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA
APLICAÇÃO EM UM CONSUMIDOR COMERCIAL - ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2019

JOÃO PEDRO MACEDO FÉLIX

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA
APLICAÇÃO EM UM CONSUMIDOR COMERCIAL - ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso superior de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

CORNÉLIO PROCÓPIO
2019



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Elétrica
Curso de Engenharia Elétrica



FOLHA DE APROVAÇÃO

João Pedro Macedo Félix

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APLICAÇÃO EM UM
CONSUMIDOR COMERCIAL - ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 09:00hs do dia 26/06/2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Gabriela Helena Bauab Shiguemoto - Presidente (Orientador)

Prof(a). Dr(a). Murilo da Silva - (Membro)

Prof(a). Esp. Carlos Alberto Paschoalino - (Membro)

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha família e aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus por ter tornado tudo isso possível.

Aos meus pais que sempre me apoiaram e me fortaleceram durante minha vida acadêmica.

A minha orientadora Prof. Dr. Gabriela Helena Bauab Shiguemoto, pelos ensinamentos e sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus amigos e colegas de sala.

Aos meus irmãos com os quais morei no apartamento 202.

A minha namorada Adriele da Silva Oliveira que sempre foi meu apoio e me deu forças para chegar a esse momento.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento e agradecimento à minha avó Marina, que me guiou por todo esse percurso e sempre olhará por mim de onde estiver.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

FÉLIX, João Pedro Macedo. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APLICAÇÃO EM UM CONSUMIDOR COMERCIAL - ESTUDO DE CASO.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2019.

Este trabalho apresenta um estudo de caso da viabilidade econômica para aplicação de eficiência energética em um sistema comercial no ramo de lazer, por meio de análise e substituição de aparelhos, equipamentos e sistemas elétricos por outros que possuem maior eficiência, visando a redução do consumo de energia elétrica e a minimização no custo da fatura. Todo estudo realizado foi feito seguindo as orientações do Programa de Eficiência Energética (PEE), regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Palavras-chave: Energia elétrica. Eficiência energética. Sistema comercial. Minimização de custos.

ABSTRACT

FÉLIX, João Pedro Macedo. **ENERGY EFFICIENCY – ANALYSIS OF ECONOMIC VIABILITY FOR APPLICATION IN A COMMERCIAL CONSUMER – CASE STUDY.** 2019. Final Paper – Electric Engineer. Federal Technology University of Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

This paper presents a case study of the economic feasibility for the application of energy efficiency in a commercial system in the field of leisure, through analysis and replacement of electrical appliances, equipment and systems by others that have greater efficiency, aiming at reducing energy consumption and minimizing the cost of the invoice. All studies carried out were carried out according to the guidelines of the Energy Efficiency Program (PEE), regulated by the National Electric Energy Agency (ANEEL).

Keywords: Electrical energy. Energy efficiency. Trading system. Minimization of costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de energia elétrica no Brasil no século XXI.....	9
Figura 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil por setor.....	10
Figura 3 – Economia de energia no Brasil nos últimos cinco anos.....	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistema atual de iluminação.....	18
Tabela 2 – Sistema atual de aquecimento de água.....	18
Tabela 3 – Sistema atual de refrigeração.....	19
Tabela 4 – Potência dos sistemas.....	19
Tabela 5 – Proposta do novo sistema de iluminação.....	21
Tabela 6 – Proposta do novo sistema de aquecimento de água.....	22
Tabela 7 – Proposta do novo sistema de refrigeração.....	22
Tabela 8 – Potência total consumida pelos sistemas.....	22

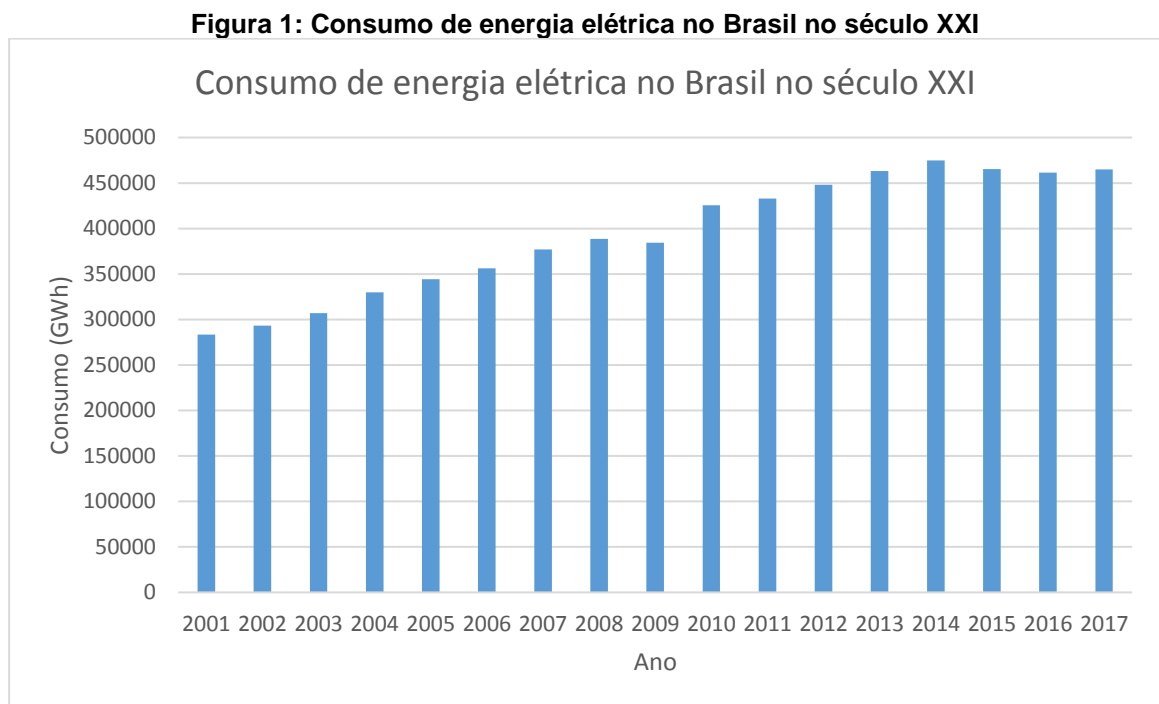
SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Justificativa.....	11
1.2	Objetivos gerais.....	12
1.3	Objetivos específicos.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	Eficiência energética.....	13
2.2	O programa de eficiência energética no Brasil.....	13
2.3	Iluminação.....	14
2.3.1	Lâmpadas incandescentes.....	15
2.3.2	Lâmpadas de descarga.....	15
2.3.3	Lâmpadas fluorescentes.....	16
2.3.4	Lâmpadas LED.....	16
2.4	Sistema de aquecimento de água utilizando resistência.....	17
2.5	RESULTADOS OBTIDOS.....	17
3	LEVANTAMENTO DE CARGA ELÉTRICA.....	17
4	DESENVOLVIMENTO.....	19
4.1	Proposta dos novos sistemas – Caso A.....	21
4.2	Proposta de implantação de um sistema fotovoltaico – Caso B....	23
4.3	Substituição dos equipamentos + Sistema fotovoltaico – CASO C....	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

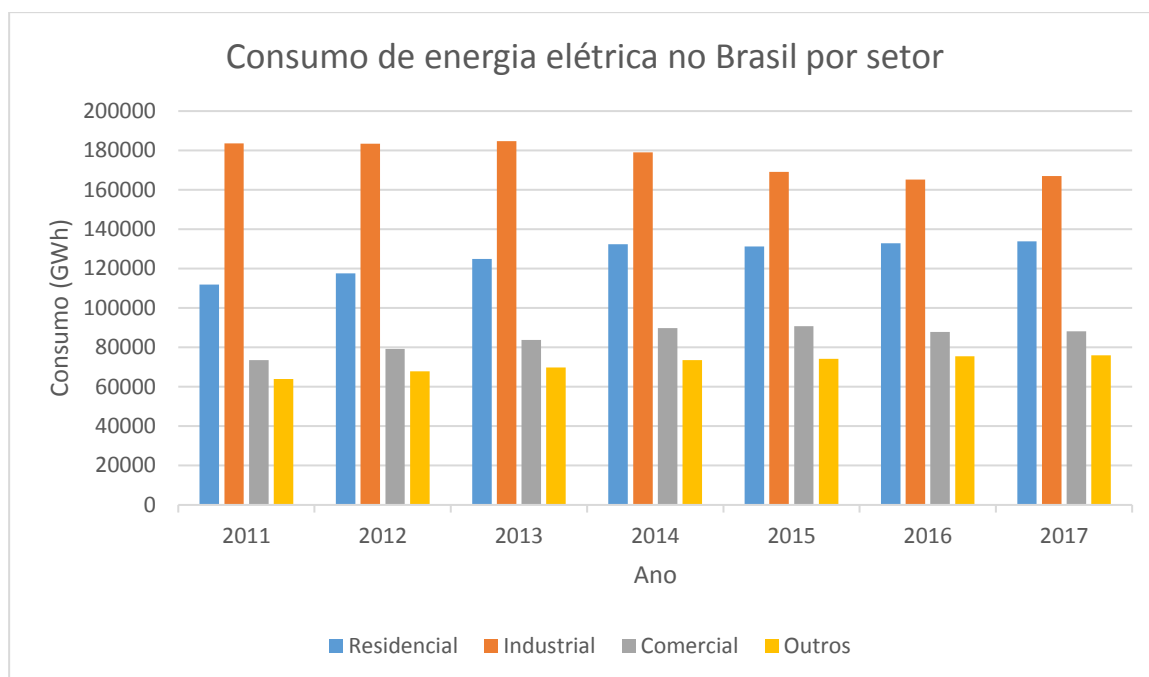
Nos últimos anos, com o histórico avanço da humanidade, o surgimento e desenvolvimento de novas tecnologias fez a energia elétrica estar cada vez mais presente no dia a dia. Com isso, seu consumo se tornou cada vez maior e abdicar da eletricidade seria quase impossível (TEIXEIRA, 2002).

Diante da grande utilização da energia elétrica no cotidiano, pode-se considerar seu consumo um dos indicadores de desenvolvimento da população nos países subdesenvolvidos, pois é de fundamental importância para o desenvolvimento das sociedades atuais. Na figura 1, pode-se observar o consumo de energia elétrica no Brasil no século XXI, que aumentou significativamente, ano a ano, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017).



Fonte: Adaptado de (Empresa de Pesquisa Energética, 2017).

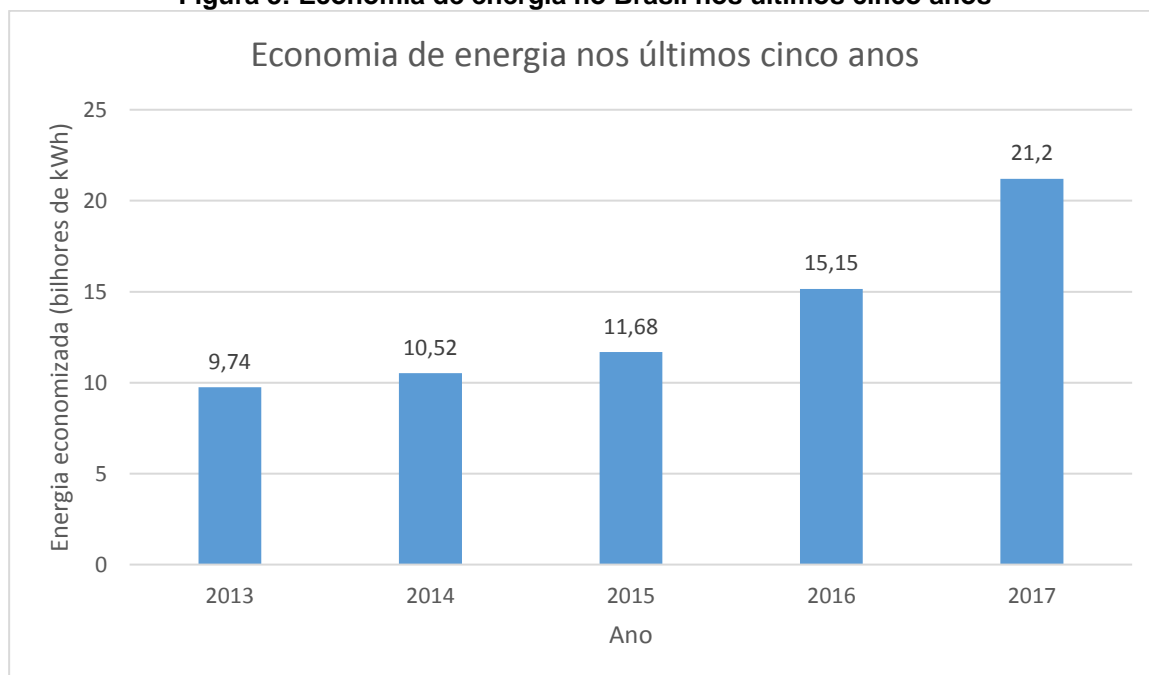
Por meio deste estudo, comprovou-se que o aumento no consumo de energia aconteceu em quase todos os setores da economia com exceção apenas do industrial, o qual já vem tendo adotando medidas para utilização de equipamentos com melhor eficiência energética, como mostra a figura abaixo.

Figura 2: Consumo de energia elétrica no Brasil por setor

Fonte: Adaptado de (Empresa de Pesquisa Energética, 2017).

No entanto, esse aumento na demanda de energia gera um impacto financeiro significativo, que atrelado a crise econômica mundial, afeta diretamente o orçamento da empresa e do consumidor. Quando se trata de um sistema comercial, a minimização de custos é um dos objetivos primordiais para oferecer um preço melhor aos clientes, sem perder a qualidade do serviço, mantendo o conforto para aqueles que usufruem (LIMA, 2002).

De acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), estima-se que 10% da energia gerada anualmente no Brasil seja desperdiçada. Porém, isso não quer dizer que a culpa seja do consumidor, mas sim dos aparelhos que dissipam energia na forma de calor (efeito Joule). Por isso, o PROCEL estimula as empresas e clientes a desenvolver e utilizar bens e serviços que possuem maior eficiência. Tal resultado, pode ser visto na figura 3, que mostra a economia de energia nos últimos cinco anos.

Figura 3: Economia de energia no Brasil nos últimos cinco anos

Fonte: Adaptado de (PROCEL).

Portanto, para conseguir reduzir os gastos com o consumo de energia elétrica utiliza-se muito o conceito de eficiência energética, pois o mesmo propõe a substituição de equipamentos e processos elétricos por outros que possuem maior rendimento e maior eficiência energética, mantendo ou até melhorando a qualidade do sistema (LIMA, 2002)

Considerando a dificuldade econômica que as empresas vêm enfrentando e a diminuição dos recursos a cada dia, é de extrema necessidade que o planejamento de um novo projeto ou a adequação de um projeto já implantado adote alternativas de redução de custos, mas que sempre se enquadrem dentro das normas técnicas (GOMES, 2005).

1.1 Justificativa

Diante do fato de que o aumento no consumo de energia elétrica nos últimos anos tem gerado despesas maiores para as empresas, a aplicação da eficiência energética é fundamental para minimizar os custos provenientes desse consumo, muitas vezes, desnecessário. (LIMA, 2002)

Goldemberg (1998) aponta que reduzir ou eliminar o desperdício de energia a partir de ações corretivas e novas tecnologias é melhorar padrão de serviços, com menor custo no consumo de energéticos.

1.2 Objetivos gerais

Esta monografia consiste em demonstrar as maneiras de minimizar os custos com o consumo de energia elétrica na sede do clube da Sociedade de Amigos da Cidade de Ipaussu/SP (S.A.C.I), o qual se caracteriza como um ambiente comercial utilizado para lazer, identificando os aparelhos, equipamentos e sistemas elétricos que podem ser substituídos por outros mais eficientes, além de proporcionar uma melhoria e conforto nos mesmos.

1.3 Objetivos específicos

Os objetivos específicos entendidos serão os seguintes:

- Por meio de levantamento de dados obtém-se os equipamentos e sistemas elétricos utilizados atualmente no estabelecimento;
- Verificar o tempo de funcionamento mensal de cada equipamento;
- Pré-processamento dos dados;
- Calcular a potência consumida por mês por equipamento;
- Calcular a potência total consumida por mês;
- Propor equipamentos que possuem melhor eficiência energética;
- Calcular a potência consumida por mês por equipamento novo;
- Calcular a nova potência total consumida por mês;
- Calcular o tempo que os investimentos vão demorar para serem quitados em relação a economia no consumo de energia.
- Analisar a viabilidade de substituição desses equipamentos (Custo x benefício);

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os assuntos referentes à eficiência energética, as normativas para que o procedimento seja realizado de maneira prevista na lei e apresentação das tecnologias presentes no estabelecimento.

2.1 Eficiência energética

Conceitualmente, a eficiência energética é dada pela relação entre a quantidade de energia utilizada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Já a prática deste conceito consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado, ou simplesmente, fazer mais com menos energia (ABESCO, 2008). Vale ressaltar que essa prática não está relacionada somente a eletricidade, sendo assim, qualquer processo ou atividade dependente de uma forma de energia pode ser tornar mais eficiente.

A crescente demanda energética quando relacionada à procura dos clientes por serviços com melhor “custo x benefício” e a instabilidade financeira que muitas empresas do setor comercial vem atravessando, praticamente as obrigou a adotar medidas para otimizar o uso dessa energia, promovendo a redução de custos, mas mantendo o conforto e qualidade, garantindo a competitividade no mercado (Programa de Eficiência Energética, 2017)

2.2 O programa de eficiência energética no Brasil

Com a eficiência energética em ascensão nos últimos anos, várias instituições desenvolveram programas para lidar com esse tema. Por exemplo, a ELETROBRÁS, responsável pelo PROCEL; a PETROBRÁS, que executa o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a ANEEL, encarregada pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; o INMETRO, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE); além de algumas empresas possuírem programas internos para conservação de energia.

Um dos primeiros decretos criados no Brasil em relação a eficiência energética foi o de nº 20466 de 01/10/1931, que instituiu o primeiro horário de verão no Brasil, “no

período de 11h de 03/11/1931 até 24h de 31/03/1932, em todo território nacional (BRASIL, 1931).

Já no século XXI, sancionou a Lei de Eficiência Energética, nº 10295/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso de Energia, que estabelece “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética”, regulamentada pelo Decreto nº 4059/2001, que criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), sendo que uma de suas funções era elaborar um programa de metas para cada equipamento regulamentado.

Levando em consideração a Lei Nacional de Eficiência Energética, pode-se concluir que visa:

- Retirar os equipamentos menos eficientes do mercado em médio e longo prazo;
- Promover o desenvolvimento tecnológico por meio da fabricação de equipamentos mais eficientes;
- Aumentar a competitividade industrial do país;
- Obter economia de energia ao longo do tempo.
- Reduzir os gastos dos consumidores;
- Diminuir os impactos socioambientais por meio de equipamentos mais eficientes.

Portanto, com os programas de eficiência energética se desenvolvendo, o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) estipulou para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia.

2.3 Iluminação

Desde o começo da humanidade, a luz sempre foi essencial para a sobrevivência do homem, uma vez que depende muito da visão para realizar a maioria de suas atividades. Antes de dominar o fogo, os seres humanos dependiam exclusivamente da luz natural. Com o passar do tempo e a necessidade de luz por período quase integral, começaram a surgir outros meios para iluminar os ambientes. Até que em 1879, Thomas Edson construiu a primeira lâmpada incandescente, a qual contribuiu de maneira significativa para melhorar o cotidiano da população da época e impulsionar o

estudo para obtenção de novas tecnologias voltadas ao sistema de iluminação artificial (BERNARDO, 2007).

Segundo Santos (2006), a iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial.

Atualmente, existem diversos tipos de lâmpadas. Entre suas principais características, pode considerar: tensão de alimentação, intensidade de corrente, posição de funcionamento, dimensões, rendimento luminoso, temperatura de cor, restituições de cores, luminância, duração de vida média.

2.3.1 Lâmpadas Incandescentes

A primeira lâmpada incandescente construída e aprimorada deu-se em 1879 por Thomas Edson. Basicamente era constituída de um filamento em um bulbo de vidro transparente ou translúcido protegido sob a presença de vácuo ou gás inerte, evitando sua oxidação. Com o avanço da tecnologia, passou a utilizar um trifilamento de tungstênio, o qual melhorou o nível de radiação da lâmpada (MOREIRA, 1987).

Portanto, atualmente, elas emitem luz graças ao filamento de tungstênio, que possui alto grau de fusão, ser levado a incandescência durante a passagem de corrente elétrica. Praticamente, este tipo de lâmpada possui um circuito resistivo com fator de potência unitário, transformando energia elétrica em térmica e luminosa.

2.3.2 Lâmpadas de descarga

O avanço nos estudos sobre iluminação elétrica foi crescendo, e como resultado surgiram as lâmpadas de descarga, que utilizam a passagem de corrente elétrica por um meio gasoso entre dois eletrodos para excitar os elétrons (estabelece um arco elétrico) e emitir a luz. Em seu interior, a pressão pode variar, sendo classificada em baixa e alta pressão.

Assim, as lâmpadas de alta pressão são:

- Vapor de mercúrio;
- Luz mista;
- Vapor de sódio de alta pressão;
- Vapor de mercúrio de iodetos metálicos.

Já as lâmpadas de baixa pressão são:

- Vapor de sódio de baixa pressão;
- Fluorescente (vapor de mercúrio de baixa pressão).

Esse tipo de lâmpada normalmente necessita de reatores para estabilizar a intensidade de corrente no arco, e deve atender às normas técnicas de acordo com as características específicas (Venturini, 2012).

2.3.3 Lâmpadas Fluorescente

Como citado anteriormente, as lâmpadas fluorescentes se enquadram nas de baixa pressão e são constituídas por um tubo de vidro transparente, dois eletrodos, uma mistura de gases a baixa pressão e um material revestindo o tubo (MOREIRA, 1987). Dentre todas da sua família, são as mais utilizadas internamente em residências, empresas e comércio, pois emitem pouco calor, contribuindo para a climatização do ambiente, além de apresentar um bom rendimento e baixo consumo de energia elétrica quando comparada às incandescentes.

2.3.4 Lâmpadas LED

O diodo emissor de luz (do inglês *Light Emitting Diode* abreviatura de LED), que constitui as lâmpadas de LED, é uma das tecnologias mais recentes do setor de iluminação. É feito de material semicondutor, constituído de uma junção PN, com um terminal ânodo e um catodo, que emitem luz quando polarizados (LELUDAK, 2013).

A LED é mais econômica, pois possuem maior eficiência luminosa, ou seja, gastam menos energia para gerar a mesma iluminação. Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), apresentam excelente rendimento, maior durabilidade, pelo menos quatro vezes mais que as incandescentes e vinte e cinco que as fluorescentes, geram menos riscos à saúde pois não contém mercúrio, não emitem radiação ultravioleta e infravermelha e possuem grande variação de cor e tamanhos.

2.4 Sistemas de aquecimento de água utilizando resistência

O sistema de aquecimento de água sempre foi útil no cotidiano das pessoas. Levando em consideração as estações e a variação de temperatura durante o ano, utilizar água quente não é apenas uma questão de luxo ou conforto. Considerando a temperatura ambiente média igual 25°C, pode-se dizer que de 26 a 70°C a água está devidamente aquecida para uso (ILHA, 1994).

Quando uma corrente percorre uma resistência elétrica, esta tende a esquentar e dissipar calor por efeito Joule, que nesse caso, será transferido diretamente para água.

Pode-se utilizar o sistema por passagem ou por armazenamento de água. No primeiro, o aquecimento ocorre por meio da passagem de água pela resistência elétrica dentro de um reservatório, que transfere todo calor para esta instantaneamente. Já no segundo, a água fria é armazenada num reservatório e é aquecida por meio do calor gerado pela resistência existente no interior do aquecedor.

2.5 Compressor para sistema de refrigeração

Um sistema de refrigeração é um conjunto de componentes combinados entre si, criados para transferir calor de um lugar para outro. É amplamente utilizado em residências e comércios, sendo que os mais comuns são as geladeiras e os freezers (SANTOS, 2006).

O compressor é o principal equipamento de um sistema de refrigeração, pode ser considerado o “coração”, pois sua função é bombear o fluido refrigerante que circula por todo o sistema ora no estado líquido, ora gasoso.

No processo de resfriamento de uma geladeira, o compressor recebe o fluido na forma de gás evaporador, promove o bombeamento até o condensador, aparelho que torna a liquidificar o fluido e dissipa o calor do sistema.

3 LEVANTAMENTO DE CARGA

O levantamento de carga neste estudo engloba os sistemas de iluminação, aquecimento de água e refrigeração. A seguir, serão apresentadas as tabelas com os dados referentes aos aparelhos e equipamentos utilizados no estabelecimento.

- Sistema de iluminação

Tabela 1: Sistema atual de iluminação

Tipo de lâmpada	Potência individual (W)	Quant. de lâmpadas	Horas de uso por mês	Potência total (KW)	Consumo (KWh/mês)	Gasto (R\$)
Vapor metálico tubular	400	25	16,6	10	166	122,84
Vapor mista ovoide	160	12	32	1,92	61,44	45,46
Incandescente	60	7	40	0,42	16,8	12,43
Incandescente	100	20	24	2	48	35,52
Fluorescente tubular	40	8	20	0,32	6,4	4,73
Fluorescente compacta	30	9	16	0,27	4,32	3,19

Fonte: Autoria própria

- Sistema de aquecimento de água

Tabela 2: Sistema atual de aquecimento de água

Equipamento	Potência individual (W)	Quantidade	Horas de uso por mês	Potência total (KW)	Consumo (Kwh/mês)	Gasto (R\$)
Chuveiro	6500	8	18	52	936	692,64
Sauna	27000	1	12	27	324	239,76

Fonte: Autoria própria

- Sistema de refrigeração

Tabela 3: Sistema atual de refrigeração

Equipamento	Tensão(V)	Quantidade	Horas de uso por mês	Consumo (Kwh/mês)	Gasto mensal (R\$)
Geladeira	220	1	720	49	36,26
Freezer	220	1	720	148,8	110,12

Fonte: Autoria própria

- Potência total consumida pelos sistemas

Tabela 4: Potência dos sistemas

Sistema	Potência total (KWh)	Gasto mensal (R\$)
Iluminação	302,96	224,19
Aquecimento de água	1260	932,4
Refrigeração	197,8	146,37
TOTAL	1760,76	1302,96

Fonte: Autoria própria

4 DESENVOLVIMENTO

Após o levantamento dos sistemas elétricos presentes na unidade consumidora, pode-se realizar um estudo e oferecer uma proposta de substituição dos equipamentos atuais por outros que possuem melhor rendimento e maior eficiência, mantendo ou melhorando a qualidade do sistema, ou a instalação de um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica.

Dessa forma, deve-se analisar cada sistema de forma separada e pesquisar equipamentos com as mesmas funções, mas com melhor eficiência energética, comparando assim, a potência consumida individualmente.

Para obter o consumo mensal, primeiro calcula-se as potências dos sistemas utilizando a seguinte expressão:

$$P_{sist} = P_{indiv} * N^{\circ}_{equip}. \quad (1)$$

Onde,

P_{sist} : Potência total do sistema [kw]

P_{indiv} : Potência individual dos equipamentos [kw];

N°_{equip} : Quantidade de equipamentos no sistema.

Com a potência total do sistema obtida, multiplica-se pela quantidade de horas de funcionamento mensal, como mostrado abaixo:

$$Cons_{mensal} = P_{sist} * Horas_{mês} \quad (2)$$

$Cons_{mensal}$: Consumo mensal de cada sistema [kwh/mês];

$Horas_{mês}$: Quantidade de horas do equipamento ligado [h];

De acordo com a última fatura de energia elétrica emitida pela concessionária referente abril de 2019, o valor da tarifa por kwh consumido foi de R\$0,74. Com isso, estima-se o valor pago mensalmente pela empresa, calculado por:

$$Gasto_{mensal} = Cons_{mensal} * tarifa_{kwh} \quad (3)$$

$Gasto_{mensal}$: Valor pago mensalmente pelo consumo de energia [R\$];

$tarifa_{kwh}$: Valor cobrado pela concessionária por kwh consumido $[\frac{R\$}{kwh}]$;

Com a proposta de melhoria dos sistemas e refazendo os cálculos mostrados acima para a nova situação, pode-se encontrar a economia obtida mensalmente por:

$$Econ_{mensal} = Gasto_{mensal1} - Gasto_{mensal2} \quad (4)$$

$Econ_{mensal}$: Valor economizado por mês;

$Gasto_{mensal1}$: Valor pago mensalmente pelo consumo do sistema atual;

$Gasto_{mensal2}$: Valor pago mensalmente pelo consumo do sistema proposto;

Com os resultados dos valores pagos pelo consumo de energia do sistema atual e proposto e considerando os custos de aquisição dos novos equipamentos, pode-se realizar o payback do sistema da seguinte maneira:

$$Payback = \frac{Valor_{invest.}}{Econ_{mensal}} \quad (5)$$

Payback: Tempo de retorno dos investimentos [meses];

Valor_{invest.}: Valor gasto na aquisição dos novos equipamentos;

4.1 Proposta dos novos sistemas – CASO A

- Sistema de iluminação

Tabela 5: Proposta do novo sistema de iluminação

Tipo de lâmpada	Custo equip. (R\$)	Potência individual (W)	Quant. de lâmpadas	Horas de uso por mês	Potência total (KW)	Consumo (KWh/mês)	Gasto (R\$)
Refletor LED	R\$ 499,00	200	25	16,6	5	83	61,42
LED High Power	R\$ 99,90	60	12	32	0,72	23,04	17,04
Bulbo LED	R\$ 12,90	10	7	40	0,07	2,8	2,08
Bulbo LED	R\$ 32,90	20	20	24	0,4	9,6	7,10
Tubular LED	R\$ 59,80	18	8	20	0,144	2,88	2,13
Led Milho	R\$ 32,90	16	9	16	0,144	2,30	1,70
TOTAL						123,62	91,47

Fonte: Autoria própria

- Sistema de aquecimento de água

Tabela 6: Proposta do novo sistema de aquecimento de água

Equip.	Custo equip. (R\$)	Potência individual (W)	Quantid.	Horas de uso por mês	Potência total (KW)	Consumo (Kwh/mês)	Gasto (R\$)
Chuveiro	42,90	5500	8	18	44	792	586,08
Sauna	1974,00	12000	1	12	12	144	106,56
TOTAL						936	692,54

Fonte: Autoria próprio

- Sistema de refrigeração

Tabela 7: Proposta do novo sistema de refrigeração

Equipamento	Custo equip. (R\$)	Tensão(V)	Quantidade	Horas de uso por mês	Consumo (Kwh/mês)	Gasto mensal (R\$)
Geladeira	1229,00	220	1	720	23,7	17,53
Freezer	2999,00	220	1	720	62	45,88
TOTAL					85,7	63,41

Fonte: Autoria própria

- Potência total consumida pelos sistemas

Tabela 8: Potência total consumida pelos sistemas

Sistema	Potência total (KWh)	Gasto mensal (R\$)	Gasto novos equipamentos (R\$)
Iluminação	123,62	91,47	737,4
Aquecimento de água	936	692,64	2016,90
Refrigeração	85,7	63,41	4228,00
TOTAL	1145,32	847,53	6982,3

Fonte: Autoria própria

Portanto, o payback, dado pela relação entre os valores dos novos equipamentos e da economia no consumo de energia, é de aproximadamente 16 meses.

4.2 Proposta de implantação de um sistema fotovoltaico – CASO B

Com os dados de consumo mensal do sistema, sugere a implantação de uma usina de micro geração fotovoltaica com o objetivo de reduzir os gastos com energia elétrica sem a necessidade de substituir os equipamentos atuais.

Sendo assim, com os dados fornecidos pela empresa Gaudêncio Energia Solar, localizada em Santo Antônio da Platina/PR, foi possível projetar um sistema de energia solar.

Considerando que o consumo do sistema é de 1760,76 kWh/mês, mas 100 kWh é o mínimo tarifado pela concessionária, então o consumo real do sistema é de 1660,76 kWh/mês, e com a utilização de módulos fotovoltaicos de 330W, que produzem em média 38 kWh/mês, o número de módulos necessários é dado por:

$$N^{\circ}_{módulos} = \frac{Cons_{mensal}}{En_{módulo}} \quad (6)$$

$N^{\circ}_{módulos}$: Quantidade de módulos fotovoltaicos;

$En_{módulo}$: Energia produzida mensalmente por cada módulo.

Portanto, serão necessários 44 módulos fotovoltaicos de 330W, em um sistema com potência de 14,52kWp capaz de produzir 1672kWh/mês. O custo do projeto já instalado será de R\$56.000,00.

O Payback é dado por:

$$Payback = \frac{Valor_{invest.}}{Gasto_{mensal1}} \quad (7)$$

De acordo com a expressão acima o payback é de aproximadamente 46 meses.

4.3 Substituição dos equipamentos + Sistema fotovoltaico – CASO C

Essa proposta leva em consideração os dois casos anteriores, pois o novo sistema fotovoltaico é calculado baseado no novo consumo obtido após a substituição por equipamentos que possuem melhor eficiência.

Sendo assim, o novo consumo real é de 1045,32 kWh/mês. Portanto, utilizando placas de 330w, será necessário um sistema com 28 placas, com potência de 9,24 kWp e que vai gerar 1064 kWh/mês.

O investimento dessa proposta é de R\$ 6.982,30 pela substituição dos equipamentos mais R\$ 35.000,00 do sistema fotovoltaico, totalizando R\$ 41.982,30, tendo um payback estimado em 55 meses.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho buscou-se uma análise da viabilidade econômica para aplicação de eficiência energética em um sistema comercial, por meio de equipamentos mais eficientes ou um sistema de geração de energia para autoconsumo.

Dessa forma, os estudos presentes neste trabalho mostram que a substituição dos equipamentos atuais por outros mais eficientes custará R\$6.982,30 e reduzirá em aproximadamente 615 kWh/mês, ou seja, R\$455,43, tendo um payback de 16 meses.

Já para a implantação de um sistema fotovoltaico e mantendo os equipamentos atuais, o valor investido seria de R\$56.000,00 e reduziria o consumo de energia em 1.660,76 kWh/mês, ou seja, R\$1.228,96, tendo um payback de 46 meses.

Porém, a terceira hipótese é uma excelente alternativa, já que reduz os gastos com energia através do retrofit e conseqüentemente, o valor do sistema fotovoltaico reduz em 37,5%.

Portanto, considerando os valores citados acima, pode-se concluir que a longo prazo a implantação de um sistema fotovoltaico é mais vantajosa, porém possui um valor de investimento bem alto e um payback mais lento. Já a curto prazo, a substituição por equipamentos com maior eficiência energética se torna mais viável, pois o investimento é mais baixo e o payback três vezes mais rápido. Já o terceiro caso, reduz significativamente o valor do investimento deixando mais viável sua aplicação, porém o payback é um pouco mais lento que os outros dois casos.

Por meio dos resultados apresentados conclui-se que o trabalho teve grande êxito e pode apresentar propostas práticas para minimização de custos com o consumo de energia elétrica em um sistema comercial.

REFERÊNCIAS

Teixeira, G. **O novo ciclo da energia nuclear. Brasil nuclear.** Ed ano 8, nº 23. Abril-setembro de 2002

Método soluções. **O que é energia elétrica?** 2016. Disponível em: <<http://metodosolucoes.com/energia-eletrica-o-que-e-qual-sua-importancia/>>. Acesso 01 outubro 2018.

EPE. **Consumo anual de energia elétrica.** 2017. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica/consumo-anual-de-energia-eletrica-por-classe-\(nacional\)](http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica/consumo-anual-de-energia-eletrica-por-classe-(nacional))>. Acesso 03 outubro 2018

LIMA, P. F. **Conservação de Energia: Aprendendo com a Crise.** Cadernos da Fundação Luís Eduardo Magalhães. Energia Novos Cenários, 3a edição – Salvador, 2002.

GOMES, H. P. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento – Análise Econômica de Projetos,** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2005

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – Edusp, 234p. São Paulo, 1998.

ABESCO. **O que é eficiência energética?** Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee>> Acesso 04 outubro 2018.

PROCEL. **Normas técnicas.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7BF284E7A8-2184-4402-A4E6-7FC982768048%7D>> Acesso 06 outubro 2018.

ANEEL. **Programa de Eficiência energética.** 2017. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>> Acesso 12 outubro 2018.

BERNARDO, Luís Miguel. **Histórias da luz e das cores** - vol. 2 - 2007 – editora UP (Editora da Universidade do Porto)

UNICAMP. **Fontes luminosas.** 2015. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf> Acesso em 10 outubro 2018.

MOREIRA, Vinícius de Araújo - **Iluminação e Fotometria – teoria e aplicação** – 3ªedição – 1987 –São Pulo – SP – Editora Edgard Blucher Ltda. – 211 páginas.

LELUDAK, Jorge Assade – **Sistema Energeticamente Eficiente De Iluminação Led Assistido Por Energia Solar** - Doutorado Em Engenharia Mecânica – PUCPR – CURITIBA – 2013 – 168 páginas

INMETRO. **Lâmpadas LED.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampadaled/lampadaled.pdf>> Acesso em: 9 outubro 2018

BRASIL. Decreto n. 20466, de 01 de out. de 1931. **Horário de verão no Brasil**, Brasília, DF, out 1931.

BRASIL. Decreto n. 10295, de 17 de out. de 2001. **Lei nacional de eficiência energética**, Brasília,DF, out 2001.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1994. (Texto Técnico, Departamento de Engenharia de Construção Civil; TT/PCC/09).

Santos, A. H. M., et. alli. **Conservação de Energia Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**, 3ª. Edição, Eletrobras / PROCEL Educação, Universidade Federal de Itajubá, Fupai, Itajubá, 2006.

Venturini, Osvaldo José. **Eficiência energética: Fundamentos e aplicações.** 1ª Edição, Elektro, Universidade Federal de Itajuba, Excen, Fupai, 2012

LEROY MERLIN. **Chuveiros elétricos.** Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/chuveiros-eletricos>> Acesso em: 14 abril 2019

FOXLUX. **Iluminação.** Disponível em: <<https://www.foxlux.com.br/categoria-produto/iluminacao/>> Acesso em: 22 abril 2019

SODRAMAR. **Saunas Vapor.** Disponível em:
<<https://loja.sodramar.com.br/produto/2081592/sauna-universal-12kw-inox-p-ate-180m%C2%B3>> Acesso em: 22 abril 2019

LEROY MERLIN. **Geladeiras.** Disponível em:
<<https://www.leroymerlin.com.br/refrigerador>> Acesso em: 24 abril 2019

LEROY MERLIN. **Freezer.** Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/freezer>>
Acesso em: 25 abril 2019

GAUDENCIO ENERGIA SOLAR. **Energia Solar.** Disponível em:
<<https://www.gaudencioenergiasolar.com.br/>> Acesso 05 maio 2019