http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2020.v12.n1.e309
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 09/04/2020 Revisado: 07/05/2020 Aceito: 02/06/2020

PROPOSTA DE DIMINUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED EM UM SUPERMERCADO

PROPOSAL TO REDUCE ELECTRICITY CONSUMPTION AND REDUCE ENVIRONMENTAL IMPACTS THROUGH THE FEASIBILITY OF REPLACING FLUORESCENT LAMPS WITH LED BULBS IN A SUPERMARKET

Arthur Pereira dos Santos, Elson Mendonça Felici, Victor Rissoli dos Santos

Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
E-mail: arthurpdosantos@outlook.com; elson@unoeste.br; victorissoli@gmail.com

RESUMO - O presente trabalho objetivou apresentar os resultados que um supermercado obteve diante da proposta de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. A metodologia utilizada se baseou na comparação entre os tipos de lâmpadas citados por meio de uma abordagem quantitativa pautada na pesquisa bibliográfica, documental e na observação para coleta de dados, além do cálculo da viabilidade e do retorno do investimento através dos métodos do Valor Presente Líquido (VPL), custo uniforme equivalente e *payback*. Os resultados encontrados confirmaram a viabilidade da proposta de substituição das lâmpadas num tempo de retorno de investimento de 15 meses, causando uma economia mensal de R$ 280,00 na conta de energia elétrica e uma redução de 52,6% da emissão de gás carbônico indireto em comparação às lâmpadas fluorescentes.
Palavras-chave: sustentabilidade; *payback*; eficiência energética.

ABSTRACT - The present study aimed to present the results that a supermarket obtained in view of the proposal to replace fluorescent lamps with LED lamps. The methodology used was based on the comparison between the types of lamps mentioned with a quantitative approach based on bibliographic, documentary research and observation for data collection, in addition to calculating the feasibility and return on investment through the methods of Net Present Value (NPV), equivalent uniform cost and *payback*. The results found confirm the feasibility of replacing the lamps with a 15-month *payback* time, causing a monthly savings of R $ 280.00 in the electric bill and a 52.6%

reduction in the emission of carbon dioxide indirect compared to fluorescent lamps.
Keywords: sustainability; *payback*; energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica vem se tornando um dos bens de consumo mais utilizados e causador de dependência para a sociedade nos últimos anos. Ademais, o aumento do consumo de energia elétrica está, muita das vezes, associado ao desenvolvimento econômico dos países (WERLANG, 2018). Apesar desse contexto, de acordo com Mantovani, Edler e Neumann (2017) a matriz energética brasileira é, predominantemente, renovável, pois a eletricidade vem de fontes consideradas limpas como, por exemplo, a hidráulica, de biomassa e a eólica.

No contexto apresentado e de acordo com Fortes *et al.* (2018), a eficiência energética vem ganhando cada vez mais importância no segmento industrial, e, uma forma simples e eficaz de melhorar a eficiência energética desses locais é a utilização da tecnologia LED para iluminação, uma vez que essa possui eficiência luminosa muito superior à lâmpada fluorescente, sendo essa, ainda muito utilizada. Além do significativo aumento na eficiência luminosa, a utilização de lâmpadas LEDs traz consigo vários benefícios em sua utilização. No que diz respeito à qualidade de energia, as lâmpadas LEDs também possuem um desempenho superior em relação às lâmpadas fluorescentes. Porém, uma das principais dificuldades para se implementar a iluminação LED em empresas e indústrias é o custo inicial para a adoção da tecnologia em todo o local, tendo em vista que o valor da lâmpada LED ainda é superior ao da fluorescente, apesar do custo ser diluído no decorrer da vida útil do empreendimento.

Diante desse cenário, segundo Barbieri (2017), algumas subáreas da Engenharia de Sustentabilidade vão ao encontro das necessidades que as indústrias e empresas buscam para alcançar a sustentabilidade, sendo essas: Gestão Ambiental; Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação; Gestão de Recursos Naturais e Energéticos; Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais; Produção mais Limpa e Eco eficiência; Responsabilidade Social; Desenvolvimento Sustentável. No exposto, vale destacar a Gestão Ambiental e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Segundo Atanázio (2016), o SGA é um conjunto de procedimentos que visa auxiliar a organização empresarial a entender, controlar e diminuir os impactos ambientais baseados no cumprimento da legislação ambiental vigente e na melhoria contínua do desempenho ambiental da organização. Esse sistema, também, alavanca os resultados financeiros da organização, uma vez que atua na melhoria contínua de seus processos e serviços.

Para Barbieri (2017), realizar a Gestão Ambiental é a forma de gerenciar o meio ou a organização de modo a não causar o impacto negativo sobre o ambiente. Ou seja, Gestão Ambiental pode ser considerado um instrumento que proporciona a manutenção e a diferenciação das organizações no mercado, promovendo, por exemplo, o aproveitamento de resíduos gerados, diminuição da poluição e minimização de desperdícios. Nesse contexto, está situada a subárea Gestão de Recursos Naturais, que tem como objetivo administrar os recursos naturais de forma inteligente, a fim de que se obtenha o desenvolvimento econômico sem impactar o meio ambiente, buscando a sustentabilidade da organização (BENETT; ALMEIRA; CASTILHO, 2002).

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED em um supermercado, além de quantificar a diminuição da emissão de gás carbônico indireto e de consumo de energia elétrica entre os tipos de lâmpadas

estudadas. Como objetivos específicos, procurou-se apresentar o Valor Presente Líquido (VPL), o custo uniforme equivalente e o *payback* do investimento da substituição das lâmpadas, verificando o consumo energético das lâmpadas no local estudado e medindo a quantidade de gás carbônico indireto emitida anualmente por cada tipo de lâmpada do local.

2. METODOLOGIA

Em relação à abordagem do trabalho, foi utilizada a abordagem quantitativa, pois houve a necessidade de medir o tempo de funcionamento de cada tipo de lâmpada (lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas de LED) para se chegar ao resultado do quanto seria a redução do consumo de energia elétrica e da emissão de gás carbônico indireto.

Para a consolidação da proposta e verificação da consistência dos resultados potenciais, foi realizado pesquisas bibliográficas para verificar estudos que realizaram procedimentos similares.

Com relação à pesquisa documental, essa também serviu como método de pesquisa para coletar dados de arquivos privados do interior da empresa referentes ao preço pago pelas lâmpadas fluorescentes instaladas no local e em relação à empresa fornecedora de energia do estabelecimento estudado, assim como o grupo energético e tarifa energética que ela pertence.

Quanto a técnica de observação, na qual o intuito foi realizar o levantamento de dados para posterior aplicação, visando atingir os objetivos que regem o trabalho proposto, essa foi realizada no local para verificar a quantidade de lâmpadas fluorescentes e sua distribuição, quais os determinados modelos e qual o tempo diário de funcionamento. Com relação ao tempo médio de funcionamento de cada lâmpada do local, esse foi cronometrado durante expediente normal de serviço de segunda-feira à sábado. Também foi mensurado o tempo de funcionamento no horário de ponta (ou pico), onde a tarifa energética é mais elevada. Nessa ocasião, foi realizada uma consulta na conta de luz do estabelecimento para saber o tipo de consumidor final que o supermercado se enquadra, a modalidade de tarifa e os impostos cobrados pela concessionária para chegar ao valor da energia elétrica pago pelo estabelecimento.

Na abordagem utilizada para verificar o consumo de energia elétrica mensal (Equação 1), vale ressaltar que, para encontrar as horas de funcionamento em um mês, multiplicou-se por 4 (quatro) a somatória de funcionamento semanal das lâmpadas.

Equação 1. Medição do consumo mensal

$$Consumo = TCP * CP + TFP * CFP$$

Onde: *TCP = Tarifa de consumo de ponta;*
CP = Consumo de ponta;
TFP = Tarifa fora de ponta;
CPF = Consumo fora de ponta.

Fonte: Adaptado de Durante, 2016.

Após quantificar a energia elétrica utilizada por cada modelo, foi necessário saber qual era a quantidade de energia consumida por todas as lâmpadas fluorescentes encontradas no local. Para isso, dividiu-se as horas de funcionamento em horários de funcionamento no horário de ponta e fora do horário de ponta. Posteriormente, foi realizado o cálculo do consumo energético de todos os modelos T10 e T5. A partir desses resultados, multiplicou-se a tarifa de cada horário para chegar ao valor do consumo final.

Haja vista o valor mensal pago pelo supermercado pela energia elétrica, somou-se os valores consumidos dos modelos T10 e T5, agregou-se o ICMS, COFINS e PIS, e, a fim de analisar a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, foi solicitado os orçamentos com alguns fornecedores de lâmpadas LED no Brasil. Para encontrar o valor total que seria pago mensalmente pelo consumo de energia elétrica em caso de substituição, multiplicou-se o consumo mensal durante

horário de ponta e fora da ponta do modelo escolhido pela tarifa de cada horário.

Sobre a verificação da viabilidade econômica, foi considerado a taxa de atratividade que o supermercado dispõe e algumas variáveis levantadas no decorrer do presente trabalho (preço unitário de lâmpadas, vida útil do tipo de lâmpada e valor pago pelo consumo energético de cada tipo de lâmpada junto com os impostos). A taxa de atratividade que o supermercado tem acesso é a de 0,5% ao mês, a mesma utilizada pelos bancos na poupança.

Acerca da análise dos resultados, foi utilizado os métodos econômicos de VPL, custo uniforme equivalente e *payback*, para identificar a viabilidade da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED e o tempo de retorno do investimento. Também foi comparado o quanto de energia elétrica cada modelo de lâmpada consumia, e isso foi obtido por meio da multiplicação do tempo de funcionamento das lâmpadas pela sua potência e o quanto se paga de energia elétrica com os dois tipos de lâmpadas.

Por último, foi realizada a quantificação e a comparação da emissão de gás carbônico dos dois modelos de lâmpadas por meio da multiplicação do consumo energético unitário pelo fator de emissão de gás carbônico do Sistema Interligado Nacional (SIN), do ano de 2017.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Quanto a observação do local para verificar a disposição das lâmpadas e sua distribuição (Tabela 1), constatou-se que a loja do supermercado possui 1280 m² de área. Em relação aos pontos de iluminação, foi encontrado 110 lâmpadas fluorescentes do modelo tubular T10, com 20 W de potência, eficiência luminosa de 70 lm/W e valor pago de R$ 8,69. Também foi observado 21 lâmpadas fluorescentes do modelo tubular T5, com 14 W de potência, eficiência luminosa de 75 lm/W e valor pago de R$ 6,90 instaladas para a iluminação da padaria. Com relação ao tempo médio de funcionamento de cada lâmpada do local, esse é apresentada na Tabela 2.

Observou-se que o horário de atendimento ao público de segunda à sexta vai de 7h30 à 21h30 e, aos sábados, de 7h30 às 18h, nos quais, de fato, as lâmpadas precisam estar acesas. Fora desse tempo de atendimento público, elas também ficam acesas no começo e no final do dia (durante a semana: 30 minutos antes de abrir e 30 minutos depois de fechar, e, aos sábados, 30 minutos antes de abrir e 1 hora depois de fechar, respectivamente para abertura e fechamento dos caixas, bem como para demais organizações internas).

Tabela 1. Dados referentes às lâmpadas encontradas no local.

Modelos de lâmpadas	Unidades	Potência	Eficiência luminosa	Preço unitário
Tubular T10	110	20W	70 lm/w	R$ 8,69
Tubular T5	21	14W	75 lm/w	R$ 6,90

Fonte: Os autores.

Tabela 2. Horas de funcionamento das lâmpadas no supermercado.

Dia	Tempo funcionando (horas/dia)	Funcionamento em horas (porta)	Tempo de funcionamento em horas (fora da porta)
Segunda-Feira	15	3	12
Terça-Feira	15	3	12
Quarta-Feira	15	3	12
Quinta-Feira	15	3	12
Sexta-Feira	15	3	12
Sábado	12	0	12

Fonte: Os autores.

Com relação às consultas realizadas para mensurar o tempo de funcionamento no horário de ponta, esses estão descritos na Tabela 3. O local estudado pertence ao grupo energético A4, estando enquadrado na tarifa verde. Além disso, é cobrado 18% do valor bruto do consumo de energia referentes ao ICMS, 1,65% de PIS e 7,6% de COFINS. Segundo a Elektro (2018), fornecedora de energia do supermercado, para realizar o cálculo de consumo da tarifa verde deve-se seguir os valores de R$ 1,37352 por kWh no horário de ponta e R$ 0,29475 por kWh fora do horário de ponta.

Tabela 3. Informações para a base de cálculos.

Descrição	Encargos
Grupo	A4
Modalidade	Verde
ICMS	18% Comercial
PIS	1,65% do valor bruto
COFINS	7,6% do valor bruto

Fonte: Os autores.

Haja vista os resultados obtidos sobre o consumo mensal, esse pode ser visualizado por meio da Tabela 4. Uma lâmpada fluorescente de modelo tubular T10 consome por mês 6,96 kWh e a do modelo T5 4,88 kWh. A Tabela 5 apresenta o consumo energético dos modelos T10 e T5. A quantidade de energia elétrica consumida mensalmente durante o horário de ponta foi de 132 kWh para o modelo T10 e de 17,64 kWh para o modelo T5. Já fora do horário de ponta, 633,6 kWh e 84,84 kWh são consumidos, respectivamente, pelos modelos T10 e T5.

A Tabela 6 apresenta o valor do consumo final.

Tabela 4. Consumo de energia elétrica mensal.

Modelos	Tempo de funcionamento (horas/mês)	Potência (W)	Consumo (kwh)
Tubular T10	348	20	6,96
Tubular t5	348	14	4,88

Fonte: Os autores.

Tabela 5. Consumo mensal durante horário de ponta e fora da ponta dos modelos T10 e T5.

Horário	Funcionamento mensal (horas)	Consumo Modelos T10 (kw/h)	Consumo Modelos T5 (kw/h)
Ponta	60	132	17,64
Fora da ponta	288	633,6	84,64
Total	**348**	**765,6**	**102,48**

Fonte: Os autores.

Tabela 6. Valor gasto pelo consumo final de energia elétrica dos modelos T10 e T5.

Horário	Valor do kw/h (R$)	Valor consumido Modelos T10 (R$)	Valor consumido Modelos T5 (R$)
Ponta	1,73752	181,31	24,23
Fora da ponta	0,29475	188,76	25,01
	Total	368,07	49,24

Fonte: Os autores.

Acerca do valor total pago pelo supermercado, mensalmente, pelo consumo de energia elétrica dos modelos em estudo, esse está representado na Tabela 7.

Tabela 7. Valor total pago pelo supermercado, mensalmente, pelo consumo de energia elétrica dos modelos em estudo.

Encargos	Valor (R$)
Consumo – Modelos T10 e T5	417,31
ICMS	75,12
PIS	6,89
COFINS	31,72
Total	531,04

Fonte: Os autores.

Na Tabela 8 estão dispostos as empresas e os modelos de lâmpadas orçados para verificar a análise de substituição das lâmpadas. Foi observado que na substituição das lâmpadas fluorescentes pelas de LED pode-se empregar apenas um modelo de lâmpada LED para todo o projeto. Isso é possível pelo fato de que a eficiência luminosa dos modelos apresentados acima ser maior do que os dos modelos T10, que tem eficiência luminosa de 70 lm/W e 75 lm/W para os modelos T5. A partir disso, foi escolhido o modelo T8 LED da empresa 3 para servir como base na análise econômica. Essa escolha se deu pelo fato dessa lâmpada ter a eficiência luminosa mais próxima das lâmpadas já instaladas no supermercado e por apresentar o menor preço unitário entre as três empresas pesquisadas. Vale ressaltar que o modelo escolhido tem eficiência luminosa superior às lâmpadas já instaladas.

Utilizando das informações obtidas na observação do local em relação ao tempo de funcionamento no horário de ponta e fora do horário de ponta (Tabela 5), da quantidade de lâmpadas existentes no local (Tabela 2) e da potência do modelo T8 LED (Tabela 8), foi elaborado o Tabela 9 com as informações sobre o consumo energético referentes às lâmpadas de LED. Na Tabela

10 está apresentado o valor total pago mensalmente pelo consumo de energia elétrica dos modelos T8 LED no caso de substituição. Observa-se, na Tabela 10, o valor total pago de R$ 251,03 referente ao consumo energético das lâmpadas LED modelos T8 durante um mês de funcionamento do supermercado no caso de substituição aos modelos T10 e T5 de lâmpadas fluorescentes.

Tabela 8. Orçamento das lâmpadas LED.

Empresa	Modelos de lâmpadas LED	Potência (w)	Eficiência luminosa (lm/W)	Preço Unitário (R$)
Empresa 1	T8 LED	9w	122	34,90
Empresa 2	Tubo LED 20	9,9 W	111	32,90
Empresa 3	T8 LED	9w	100	31,90

Fonte: Os autores.

Tabela 9. Consumo mensal durante horário de ponta e fora da ponta dos modelos T8 LED.

Horário	Valor do KW/h (R$)	Funcion. mensal (horas)	Consumo Modelos T8 LED (kw/h)	Valor consumido Modelo T8 LED (RS)
Ponta	1,37352	60	70,74	97,17
Fora da ponta	0,29475	288	339,55	100,09
Total		348	410,29	197,26

Fonte: Os autores.

Tabela 10. Valor total pago mensalmente pelo consumo de energia elétrica dos modelos T8 LED no caso de substituição.

Encargos	Valor (R$)
Consumo – Modelos T8 LED	197,26
ICMS	35,51
PIS	3,26
COFINS	15
Total	251,03

Fonte: Os autores.

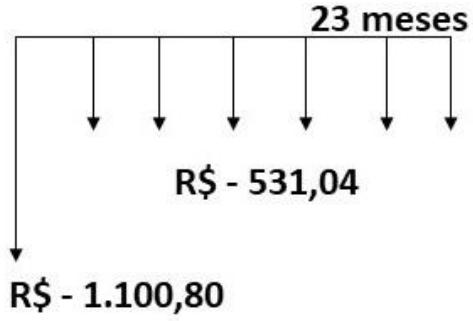
A Figura 1 e a Figura 2 apresentam o fluxo de caixa referente às lâmpadas fluorescentes e de LED, respectivamente. Ressalta-se que os fluxos de caixa foram elaborados considerando que as lâmpadas acabaram de ser instaladas, pois a vida útil de cada modelo é diferente e deve ser considerada. Nas condições de funcionamento do supermercado (348 horas mensais), os modelos T10 e T5 funcionariam durante 23 meses, aproximadamente, pois apresentam vida útil de oito mil horas. Já os modelos T8 LED poderiam funcionar por até 71 meses, pois apresentam vida útil de 25 mil horas em média. Foi obtido um investimento inicial de R$ 1.100,80 referentes a compra das lâmpadas modelos T10, T5 e R$ 4.178,90 para a compra das lâmpadas modelos T8 LED. Também se verificou saídas mensais no valor de R$ 531,04 e R$ 251,03 originados pelo consumo de energia elétrica mais impostos das lâmpadas fluorescentes e LED, respectivamente.

Com relação ao VPL, chegou-se ao valor de R$ -12.611,45 no caso da Figura 1 e R$ -19.150,63 em relação a Figura 2. Esse valor negativo significa que o investimento não deve ser feito, devido aos prejuízos. Porém, isso já era esperado, pois, nos fluxos de caixa analisados não ocorria entrada de dinheiro, apenas saída. A saída para essa

questão, desconsiderando as vidas úteis diferentes de cada tipo de lâmpada, de acordo com Samanez (2014), seria escolher o menor valor do VPL em módulo, com isso, é possível diminuir os prejuízos inevitáveis, pois não há possibilidade de ficar sem energia elétrica no local. Essa afirmação pode ser justificada junto ao trabalho realizado por Yoshida e Portelinha (2013), que buscavam analisar um sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia LED em uma universidade. O pesquisador não aprovou a substituição pelo alto investimento do tipo de lâmpada necessário para o ambiente, e porque a infraestrutura do local dependia de uma reforma de maior proporção para alcançar o objetivo, o que acabou inviabilizando o projeto. Nesse caso, optou-se por permanecer com as lâmpadas antigas do que causar um prejuízo maior com toda a mobilização de capital para a melhoria.

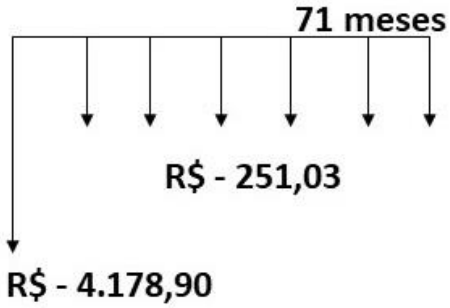
Nesse contexto, apesar de a escolha que deveria ser feita fosse a de permanecer com as lâmpadas fluorescentes, o fator em relação à vida útil de cada tipo de lâmpadas deve ser levado em consideração. Para visualizar o impacto que a diferença de vida útil causa nas análises econômicas, foi utilizado o custo uniforme equivalente. Segundo Samanez (2014), esse tem como função ratear investimentos de um projeto de forma uniforme com longevidades diferentes para análises econômicas.

Figura 1. Fluxo de caixa referente às lâmpadas fluorescentes.



Fonte: Os autores.

Figura 2. Fluxo de caixa referente às lâmpadas de LED.



Fonte: Os autores.

Na Tabela 11 pode-se verificar os investimentos relacionados ao supermercado devidamente equiparado em relação à vida útil de cada tipo de lâmpada.

Tabela 11. Comparação dos custos equivalentes relacionados às lâmpadas fluorescentes e às lâmpadas LED.

Tipos de lâmpadas	Custo mensal equivalente (R$)
Fluorescentes	581,83
LED	321,10

Fonte: Os autores.

Com isso, ocorreu a alteração no panorama de análise. Agora, a melhor opção seria a troca do tipo fluorescente para o LED, pois esse, apresenta custo mensal de todo investimento de R$ 260,73 mais barato em comparação ao fluorescente, tornando, assim, o investimento viável. Com relação ao tempo de retorno no investimento para a substituição das lâmpadas fluorescentes pelas de LED, o resultado é apresentado na Tabela 12. O *payback* encontrado para o investimento de substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED é de 15 meses, aproximadamente. Isso demonstra que, após 15 meses, o investimento inicial de R$ 4.178,90 seria quitado, todo o valor posterior a esse período seria um dinheiro a mais que sobraria em caixa. Os dados encontrados são corroborados por Silva et al. (2015), com o estudo de viabilidade de substituição de lâmpadas fluorescentes pelas de LED em um instituto educacional

na cidade de Cedro - CE. O investimento para troca das lâmpadas foi de R$ 50.800,00 e com uma economia de R$ 31.800,00 anuais na conta de energia elétrica, totalizando um tempo de retorno do investimento de 19 meses, aproximadamente.

Tabela 12. *Payback* da substituição das lâmpadas fluorescentes pela LED.

Tipos de lâmpadas	Custo mensal Energia elétrica (R$)	Economia	Payback
Fluorescentes	531,04	280,01	15 meses
LED	251,03		

Fonte: Os autores.

Com relação à quantificação do CO_2 emitido indiretamente pelo consumo de energia elétrica pelos modelos T10 e T5 de lâmpadas fluorescentes do modelo T8 LED, esse é apresentado na Tabela 13 e Tabela 14.

Na Tabela 14, pode-se encontrar a quantidade média de CO_2 emitido indiretamente pelas lâmpadas fluorescentes do supermercado. Todas as lâmpadas do modelo T10 emitem durante um ano de funcionamento do supermercado aproximadamente 0,852 tCO_2. Já do modelo T5 emitem 0,114 tCO_2, totalizando 0,966 tCO_2 emitido por todo estabelecimento. Na Tabela 15, observa-se que a quantidade de média de CO_2 emitido indiretamente pelas lâmpadas de LED modelo T8 seria de aproximadamente 0,458 tCO_2 se fossem instaladas.

A redução da emissão de CO_2 por aparelhos alimentados por energia elétrica também pode ser vista nos estudos realizados por Hollnagel *et al.* (2015), onde afirmam ter diminuído com substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes a quantia de 75.250 $kgCO_2$ emitida por ano. Esse trabalho, mesmo se tratando de tipos de lâmpadas diferentes do estudo realizado segue o mesmo raciocínio e apresenta resultados semelhantes, ou seja, a queda da emissão indireta de CO_2 pela troca de dispositivos com melhor eficiência energética.

Tabela 13. Quantidade média de CO_2 emitido indiretamente por ano pelas lâmpadas fluorescentes.

Fator de emissão anual (tCO_2/MWh)	Modelo	Consumo anual (MWh)	Emissão média anual (TCO_2)
0,0927	T8 LEK	4,94	0,458

Fonte: Os autores.

Tabela 14. Quantidade média de CO_2 emitido indiretamente por ano pelas lâmpadas LED.

Fator de emissão anual	Modelos	Consumo anual (MWh)	Emissão média anual (tCO_2)
0,0927 tCO_2/MWh	Tubular T10	9,19	0,852
	Tubular T5	1,23	0,114
	Total	10,42	0,966

Fonte: Os autores.

Na Tabela 15 é possível verificar a comparação entre as lâmpadas fluorescentes e as de LED. Em relação ao custo anual com energia elétrica, as lâmpadas de LED apresentariam uma redução de aproximadamente 52,5% no valor pago. O consumo de energia elétrica anual e a emissão média indireta de CO_2 anual teriam uma redução de aproximadamente 52,6%. Fazendo uma comparação com estudos já realizados

sobre o assunto abordado, Ascurra (2013), traz a comparação de dois tipos de lâmpadas para iluminação pública, que geram uma economia no custo da energia elétrica de 10.656 kWh por mês aproximadamente. Já Zanin *et al*. (2015), que buscou o objetivo de reduzir os desperdícios de energia no consumo de uma universidade comunitária, obteve uma economia anual R$ 263.559,63, cerca de 448,49 MWh. Ambos afirmam que a tecnologia de LED é viável para iluminação de ambientes comerciais, pela economia e durabilidade do produto em questão, reforçando com o apresentado neste estudo.

Tabela 15. Comparação entre lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED.

Lâmpadas	Custo anual com energia elétrica (R$)	Consumo de energia elétrica anual (MWh)	Emissão média de CO_2 anual (tCO_2)
Fluorescentes	6.336,48	10,42	0,966
LED	3.012,36	4,94	0,458

Fonte: Os autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi encontrado na análise entre os dois tipos de lâmpadas, a utilização do modelo LED apresentou uma redução anual de aproximadamente 52,6% no consumo de energia elétrica, comparado ao modelo fluorescente. Isso representa uma economia anual de aproximadamente R$ 3.324,12, algo desejável pela gerência do supermercado, que busca a diminuição no valor pago de energia elétrica. Outro fator que deve ser destacado é que o investimento para a aquisição das lâmpadas LED, comparado com a aquisição das lâmpadas fluorescentes é, de fato, mais caro, mas, se valendo de que as lâmpadas têm vidas úteis diferentes, o investimento se torna economicamente viável e aproximadamente 44,8% menos custoso durante cada mês, pois a economia de energia elétrica decorrente da substituição compensa o alto investimento inicial, que será quitado no 15º mês após a implantação.

Com relação a diminuição da emissão indireta de gás carbônico, foi verificado que, com a substituição das lâmpadas, a emissão média anual indireta de CO_2 reduziu 0,508 tCO_2 ou 52,6%. Esse valor é, de acordo com Ecycle (2018), equivalente à absorção aproximada de 33 árvores por ano. Seguindo com os benefícios ambientais causados pela substituição das lâmpadas fluorescentes pelas de LED, vale destacar que o descarte das lâmpadas LED é mais fácil quando comparado às lâmpadas fluorescentes, visto que 98% de sua composição pode ser reciclada e, já as lâmpadas fluorescentes, por apresentarem, na maioria dos casos, em sua composição, o mercúrio, devem ser destinadas para a reciclagem de vidro.

Vale destacar que o trabalho desenvolvido atendeu aos objetivos propostos, verificando a superioridade das lâmpadas LEDs em relação às lâmpadas fluorescentes com relação à rentabilidade e ao consumo energético. As sugestões utilizadas por meio das subáreas da Engenharia de Sustentabilidade possuem potencial para serem efetivadas e implantadas em empresas de diferentes setores da economia, visto que, por meio dos cálculos, foi obtido resultados positivos para uma possível implantação das sugestões propostas. Ademais, caso a empresa tenha interesse em implantá-las, estará gerando menores impactos ambientais e obtendo lucro com o passar do tempo, além de se tornar referência e exemplo para que outras empresas do ramo possam fazer o mesmo.

Por fim, ressalta-se que esse trabalho pode servir de base para outros estudos e projetos que envolvam a sustentabilidade com relação à eficiência energética. Ademais, os autores sugerem estudos em empresas com setor ambiental em pleno funcionamento, onde possam ser

sugeridas e implementadas as melhorias para posterior acompanhamento dos resultados.

REFERÊNCIAS

ATANÁZIO, J. N. . O. Implantação de Sistema de Gestão Ambiental: Certificação ISO. **InterfacEHS**, v. 11, n. 2, 2016.

ASCURRA, R. E. **Eficiência elétrica em iluminação pública utilizando tecnologia LED:** um estudo de caso. 2013. Dissertação (Mestrado Engenharia de Edificações e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial.** São Paulo: Saraiva, 2017.

BENETT, C.; ALMEIDA, M.; CASTILHO, M. W. V. Gestão dos recursos naturais: Sítio São Brás, Município de Carlinda – MT. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 2, n. 1, 2002.

DURANTE, G. **Estudo de migração de consumidor especial para o mercado livre de energia elétrica.** 2016. TCC (Projeto de Diplomação) - Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

ECYCLE. **Qual é o valor de uma árvore?** 2018. Disponível em: https://www.ecycle.com.br/4844arvores.htmlAcesso em: 3 jun. 2020.

ELEKTRO. **Tarifas taxas e tributos.** 2018. Disponível em: https://www.elektro.com.br/sua-casa/tarifas-taxas-e-tributos. Acesso em: 3 jun. 2020.

FORTES, M. Z. *et al.* Análise dos Impactos da Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED em Navios Militares. **Engevista**, v. 20, n. 4, p. 560-571, 2018. https://doi.org/10.22409/engevista.v20i4.9557

HOLLNAGEL, H.*et al.* Metodologia de cálculo de emissões de carbono em empreendimentos de pequeno porte: Análise do impacto do consumo de energia elétrica em um salão de beleza de São Paulo. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 2015. São Paulo. **Anais eletrônicos**. [...]. São Paulo: USP, 2015.

MANTOVANI, P. R. A.; NEUMANN, P. N.; EDLER, M. A. R. Matriz Energética Brasileira: Em busca de uma nova alternativa. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão-RevInt**, v. 4, n. 1, 2017.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica.** 3. ed. São Paulo: Pearson Brasil, 2014.

SILVA, A. *et al.* Viabilidade da transição fluorescente para LED para o IFCE - campus Cedro. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: CNEG & INOVARSE, 2015.

WERLANG, A. B. C. **Uma análise da relação entre o consumo de energia elétrica e o crescimento econômico no mundo.** 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

YOSHIDA, F.; PORTELINHA, R**. Estudo de um sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia a LED no bloco E da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba.** TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ZANIN, A. *et al.* Análise do custo x benefício na troca de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED: o caso de uma universidade comunitária do sul do Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos [...].** Foz do Iguaçu: CBC, 2015.