

PROJETO RETROFIT COM LED

RETROFIT PORJETCT WITH LED DISPOSITIVE

FÁBIO BRESSAN¹, CLÁUDIA DE SOUZA AMARANTE^{2*}

1. Acadêmico do 10 semestre do curso de Engenharia Elétrica – FEITEP - Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional;
2. Engenheira Eletricista, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UTFPR, Professora da – FEITEP.

* Avenida Paranaíba, 1164, zona 6, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. prof.claudia@feitep.edu.br

Recebido em 10/08/2018. Aceito para publicação em 19/09/2018

RESUMO

O presente estudo de caso envolvendo o projeto *Retrofit por LED*, foi desenvolvido em um estabelecimento comercial do ramo varejista (supermercado), no qual foi realizada a substituição de todas as lâmpadas fluorescentes e incandescentes, por lâmpadas de *LED* de diversos modelos, no intuito de diminuir o consumo e melhorar a eficiência na iluminação, valorizar os produtos expostos e oferecer maior conforto aos usuários. Após coleta das informações, realizou-se um estudo comparativo através de cálculos e inferências estatísticas do consumo em KWh, do ganho da eficiência luminosa e da economia. O resultado demonstra que a substituição favoreceu a redução de 10,81% no consumo de energia total. A luminosidade alcançada com a substituição superou a luminosidade exigida pela norma. O valor investido com o projeto de *Retrofit* foi recuperado em aproximadamente 7 meses e o custo com manutenção reduziu-se em 96% ao ano. Diante de todos os fatos, foi possível concluir que o *Retrofit* foi favorável à eficiência energética do estabelecimento em diversos aspectos como ganhos econômicos, valorização do ambiente e dos produtos ofertados, além de maior conforto aos usuários, gerando melhor qualidade no atendimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Retrofit*. Eficiência. Consumo. Lâmpadas. *LED*.

ABSTRACT

The current case of study is related with a particular retrofit project using LED dispositive, which was developed and implemented in a supermarket store, replacing all the fluorescent and non-fluorescent lamps by LEDs type, seeking the reduction of light consuming and getting better efficiency in the lightening function of the area, making products more visible and offering more comfort to the consumers. After collecting the necessary information, a comparative study was organized, using statistics and calculation inferences of the Kwh consumption regarding the gain of the lightning efficiency and its saving. The result shows that the replacement brought a 10.18% of saving in the amount of energy. The luminosity obtained with this replacement was much higher, than the one obligated by the local rules. The total of investment with this project was returned in approximately seven months and the cost with maintenance was reduced in 96% per year. Facing all these relevant facts, the Retrofit Project has positive answers to

the energy efficiency in the supermarket, such as economics gains, better visual reading of the shown products, and much more comfort to the clients, resulting in the end, a high quality in the consumer experience..

KEYWORDS: Retrofit; Efficiency; Consuming; LED lightning dispositive.

1. INTRODUÇÃO

A indústria eletroeletrônica, observando a necessidade de diminuir o consumo devido ao alto custo de tarifação, desenvolveu várias tecnologias, tais como os conversores de frequência, *soft start*, lâmpadas de *LED* (*Light Emitting Diode*) etc. Esses novos equipamentos possuem características de alto rendimento, durabilidade, reduzem bruscamente o consumo e na maioria das vezes oferecem mais conforto aos consumidores. Especificamente, as lâmpadas de *LED* foram desenvolvidas para substituir as lâmpadas fluorescentes e incandescentes, com tecnologias avançadas que agridem menos o meio ambiente, tanto na sua fabricação quanto no descarte. Outro fator positivo é a popularização dos modelos que já possuem preços acessíveis e, por isso, podem ser utilizados em qualquer ambiente, desde a indústria, comércios, residências ou qualquer outro estabelecimento usuários².

No intuito de contribuir para a redução do consumo, projetos *Retrofit por LED* têm sido utilizados pelo mundo todo. A exemplo disso, diversas redes de hipermercados e lojas conhecidas, tais como o Grupo *Carrefour* na Espanha, *IRMA* na Dinamarca, *EATALY* na Itália, grupo *EDEKA.A*, *REAL* e *ESSEM* na Alemanha tiveram seus sistemas de iluminação substituídos por *LED*³. Essas empresas despontam com ações inovadoras que alcançam excelentes resultados.

O objetivo deste estudo é analisar como a substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescente por lâmpadas de *LED* através de um projeto de *Retrofit* aumenta a eficiência energética e, conseqüentemente, verificar a viabilidade financeira do projeto.

Segundo Barros *et al.* (2015)³, a iluminação adequada constitui um fator determinante para nortear a necessidade de realizar um *Retrofit* no sistema de iluminação, tendo em vista que isso proporciona a reprodução de cores com fidelidade, diminui a fadiga visual em setores produtivos, valoriza produtos expostos para venda entre outros.

Roméro & Reis (2012)⁴ afirmam que, nas edificações residenciais, comerciais e setor público do Brasil, estima-se um consumo de energia elétrica bem considerável, tendo em vista a busca da população por melhor conforto nos ambientes, a exemplo ambientes climatizados, designer de iluminação e possibilidades para aquecimento de água. Acredita-se que aproximadamente 50% da energia elétrica produzida no país, destina-se ao consumo de operação e manutenção das edificações, e sistemas artificiais de iluminação.

Nesse contexto, valoriza-se o papel da eficiência energética, e tornam as edificações grandes candidatas para a conservação de energia, por meio da implantação de sistemas eficientes que podem proporcionar uma economia de até 30% considerando as edificações existentes, após um processo de *Retrofit* (reforma ou atualizações). Por outro lado, em novas edificações, a economia pode chegar até 50% do consumo, desde que o projeto tenha os equipamentos e instalações com tecnologias eficientes⁴.

Paiola (2018)⁵, por sua vez, afirma que custo é todo recurso aplicado diretamente nos elementos de produção necessários para a atividade final da empresa. Por isso, revela-se como parte fundamental ao cotidiano do negócio, tendo em vista que os valores despendidos como custo auxiliarão a empresa na construção do seu preço de mercado, resultando na sua colocação de forma mais competitiva no cenário econômico.

Por outro lado, Ryba *et al.* (2016)⁶ definem que o investimento é um gasto cujo foco é a melhoria do método de produção. O investimento deve ser precedido de projeto, o qual norteará todo o processo de implantação do investimento.

A tarifa é o meio de cobrança para utilização da energia elétrica, com a qual se possibilita serviços de qualidade, boas infraestruturas, criando incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a ANEEL (2016)⁷ desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado.

Segundo Guedes (2011)⁸ potência é a quantidade de energia elétrica solicitada na unidade de tempo sendo expressa em watts (W) ou quilowatts (KW), e pode ser classificada como binomia, formada por preços aplicáveis tanto ao consumo de energia elétrica ativa (Kwh)

como pela demanda faturada (KW), sendo empregado aos consumidores do grupo A, ou como monomia, a qual é aplicada aos consumidores do grupo B e constituída somente por consumo de energia elétrica ativa (KWh).

Os clientes do grupo A contam com a possibilidade de dois ambientes para contratação de energia elétrica: ACR- Ambiente de Contratação Regulada (consumidor cativo) e o ACL - Ambiente de Contratação Livre usuários ANEEL (2016)⁷.

Conforme definem Niskier & Macintyre (2016)⁹, luz é uma modalidade da energia radiante que um observador verifica pela sensação visual de claridade determinada pelo estímulo da retina sob a ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual.

Por outro lado, de acordo com Silva (2014)¹⁰, a cor da luz que a lâmpada propaga é definida pela grandeza de temperatura em *Kelvin* (K), desse modo para obter uma luz branca a temperatura tende a ser alta, e por consequência para obter uma luz amarelada e avermelhada é necessária uma baixa temperatura.

Outro conceito importante é o de fluxo luminoso (Φ) que é entendido, segundo Cotrim (2003)¹¹ como a quantidade de luz emitida por um segundo por uma fonte luminosa com medida em lumens (lm).

A Iluminância é conhecida também como nível de iluminamento, expresso em lux, que corresponde ao fluxo luminoso incidente em uma determinada superfície por unidade de área¹².

Para Creder (2014)¹³ Lâmpadas incandescentes, de descarga, fluorescentes foram substituídas por LED – Lâmpadas de Estado Sólido, devido às vantagens tecnológicas de longa durabilidade, alta eficiência, variedade de cores, inexistência de radiação ultravioleta e infravermelho na faixa de luz e baixo consumo de energia elétrica usuários.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas as variáveis: Quantidade de lâmpadas a serem substituídas; Lux – antes e depois da substituição; KWh consumidos pelas lâmpadas – antes e depois da substituição; Corrente elétrica – antes e depois da substituição. Combustível utilizado durante a geração própria de energia.

No que se refere ao procedimento, realizou-se um estudo de caso de um projeto *Retrofit* com *LED*.

Considerando a decisão da empresa de manter a disposição das luminárias e realizar somente a troca de lâmpadas, elaborou-se novo projeto, tendo em vista que este permite a visualização do processo de maneira mais clara e objetiva. Em busca da eficiência, e com base no projeto luminotécnico, realizou-se o planejamento do projeto *Retrofit*, readequado para a tecnologia atual (*LED*), conforme a tabela 5 que demonstra através dos cálculos a quantidade de lâmpadas e luminárias por setor. O processo teve início com a avaliação da iluminação

existente bem como das quantidades e potências de cada modelo de lâmpada, o que facilitou na elaboração da iluminação bem como da escolha das novas lâmpadas de *LED*, de modo que suprissem a necessidade de iluminação. Assim sendo, neste projeto foi considerado a equivalência das lâmpadas existentes com as lâmpadas de *LED* para efetuar o reaproveitamento das luminárias do local, procurando deste modo minimizar os custos com a substituição.

Foram coletados dados referentes às variáveis citadas acima. Para a coleta de dados de corrente elétrica, utilizou-se um aparelho alicate amperímetro digital (marca Minipa, modelo ET 3111), devidamente aferido. Para aquisição de dados da luminosidade, empregou-se o aparelho DIGITAL LUX METER (Luxímetro) (Marca Minipa, modelo MLM-1011).

Conforme Creder (2014)¹³, para obtermos a Iluminação é necessário antes encontrar o valor do índice do local (*k*), dado pela equação 1.

Equação 1. Índice do Local

$$K = \frac{C \cdot L}{A \cdot C + L} \quad (1)$$

Onde:

K: É a determinação do índice do local;

C: Comprimento do local (m);

L: Largura do local (m);

A: Altura de montagem da luminária - distância da fonte de luz ao plano de trabalho (m).

De posse dos valores do índice de local *k*, dados pela equação 1, segundo Unicamp (2018), é possível agora chegar à quantidade de luminárias por meio da equação 2.

Equação 2: Quantidade de luminária

$$N = \frac{E \cdot S}{FU \cdot FM \cdot \varphi} \quad (2)$$

Onde:

N: Quantidade de luminária (un);

E: Iluminação desejada (lux);

S: Área do local (m²);

FU: Fator de utilização

FM: Fator de manutenção;

φ : fluxo da luminária = fluxo luminoso da lâmpada x quantidade de lâmpadas (lumens).

Este estudo de caso foi realizado em um comércio varejista de gêneros alimentícios e produtos em gerais, localizado no centro da cidade de Maringá-PR, com uma área de aproximadamente 7.000m² total e área construída de aproximadamente 3.784m², possui uma iluminação com lâmpadas de diversos modelos, sendo

um comércio considerado de médio porte. O horário de funcionamento era das 6 às 23 horas, com atendimento ao público das 8 horas às 21 horas, sendo seis dias por semana.

Identificação dos problemas

Inicialmente este estabelecimento possuía um consumo de energia elevado e uma demanda contratada de 300 KW por mês. Enquadrava-se como consumidor do grupo A (ACR), atendido pela concessionária em alta tensão, optante pelo contrato da hora sazonal verde.

Diante ao exposto a administração levantou os seguintes problemas:

- a) Queima de uma grande quantidade de lâmpadas e reatores em curtos períodos de tempo (mês).
- b) Cintilação na iluminação ou efeito *Flicker* devido ao funcionamento do gerador.
- c) Custo elevado com o combustível (óleo diesel) para funcionamento do gerador.
- d) Alto custo com a fatura de energia elétrica.

Assim sendo, é possível perceber que o cenário enfrentado pela empresa em questão já demonstrava existência de um elevado custo de operação com a iluminação.

Diante disso, e considerando que a empresa tinha objetivo de aumentar seu horário de atendimento em 94 horas mensais, observou-se que seria inevitável o aumento dos gastos com energia elétrica.

Embora tenham sido detectados diversos problemas correlacionados ao consumo de energia elétrica, este trabalho se limitará ao estudo da substituição da iluminação do estabelecimento, por meio de um estudo de caso de Projeto Retrofit com *LED*.

De acordo com a Philips (2018), a escolha pelas lâmpadas de *LED* se dá pela qualidade de luz, perfeita para cada ocasião e adequada para qualquer ambiente e situação, não possui tremulações e contém alto índice de reprodução de cor assegurando que os objetos sejam observados com suas cores verdadeiras e naturais. Em termos de energia, a iluminação de *LED* é muito mais eficiente comparada com a iluminação tradicional, dado que necessita de menor energia para produzir a mesma saída de luz com maior durabilidade, situação que evita preocupações com as trocas de lâmpadas constantes e reduzindo consideravelmente os gastos com a manutenção da iluminação e obtendo uma economia de energia elétrica de até 90%, quando comparada às lâmpadas tradicionais com a mesma saída de luz. Assim, existe 2 fatores que tornam as lâmpadas de *LED* mais eficientes em termos energético, sendo o baixo consumo de energia elétrica e sua longa durabilidade.

O problema da queima de lâmpadas e reatores

Conforme mencionado por Barros *et al.* (2015)³, no

período das 18 horas às 22 horas do dia, exceto sábado, domingo e feriados, a tarifa possui o valor mais elevado para o consumidor, devido ao horário de ponta. Assim sendo, no intuito de economizar, a empresa desligava o sistema de abastecimento de energia elétrica fornecida pela concessionária e fazia uso da geração própria através de um gerador de energia elétrica movido a óleo diesel, o qual apresentava um consumo médio de 120 litros a cada 3 horas, ou seja, em um mês eram consumidos em torno de 2.400 litros, que perfaziam um total aproximado de R\$ 7.200,00 ao mês, dos quais algo em torno de R\$ 2.000,00 referente exclusivamente a parcela da iluminação, conforme descrito na Tabela 9 – Apêndice C.

A geração de energia elétrica através do gerador a combustão era fundamental, tendo em vista o custo mais elevado da tarifa no horário de ponta e a impossibilidade da empresa de desligar seus equipamentos que necessitam de funcionamento ininterrupto. Contudo, no momento que o gerador entrava em funcionamento, o abastecimento por meio da concessionária era automaticamente interrompido, e percebia-se de modo visível na iluminação a cintilação ou efeito *Flicker* da energia elétrica, fato este que ocasionava a queima constante de lâmpadas e reatores da loja e demais dependências.

Deduz-se, portanto, que além da despesa com energia elétrica, a empresa possuía também um elevado custo com a manutenção (troca de lâmpadas), pois as lâmpadas fluorescentes, que possuem, em média, uma vida útil de 7500 horas, conforme catálogo dos fabricantes da marca utilizada, precisavam ser substituídas constantemente devido queimas extemporâneas.

Diante disso, observou-se a necessidade de realizar também o levantamento do gasto tanto com manutenção, bem como com a substituição dos produtos danificados (lâmpadas e reatores).

Tabela 1. Quantidade de Materiais Substituídos no Período de mar/16 a jun/2017.

Período (mês)	Lâmpadas (Un)	Valor (R\$)	Reatores	Valor (R\$)	TOTAL MÊS
Mar/16	10	R\$ 284,00	03	R\$ 405,00	R\$ 689,00
Abr/16	269	R\$ 3.681,00	09	R\$ 855,00	R\$ 4.536,00
Mai/16	62	R\$ 2.297,00	04	R\$ 450,00	R\$ 2.747,00
Jun/16	12	R\$ 252,00	02	R\$ 146,00	R\$ 398,00
Jul/16	118	R\$ 3.712,50	03	R\$ 370,00	R\$ 4.082,50
Ago/16	20	R\$ 232,00	00	R\$ 0,00	R\$ 232,00
Set/16	60	R\$ 2.646,00	06	R\$ 780,00	R\$ 3.426,00
Out/16	24	R\$ 885,00	02	R\$ 320,00	R\$ 1.205,00
Nov/16	34	R\$ 1.774,00	00	R\$ 0,00	R\$ 1.774,00
Dez/16	10	R\$ 330,00	02	R\$ 320,00	R\$ 650,00
Jan/17	70	R\$ 2.890,00	05	R\$ 560,00	R\$ 3.450,00
TOTAL	689	R\$ 18.983,50	36	R\$ 4.206,00	R\$ 23.189,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Tabela 1 demonstra o grande número de materiais que necessitavam de troca, ocasionando frequentes

prejuízos à empresa e desconforto aos usuários.

Nos meses de abril e julho de 2016, é possível observar divergências quanto ao número de lâmpadas e valores proporcionais, fato que explica também as diferenças nos outros meses, devido aos inúmeros modelos utilizados pela empresa, os quais apresentam também valores distintos entre si.

A Figura 1 expressa a comparação dos custos mensais de lâmpadas e reatores, no período estudado.

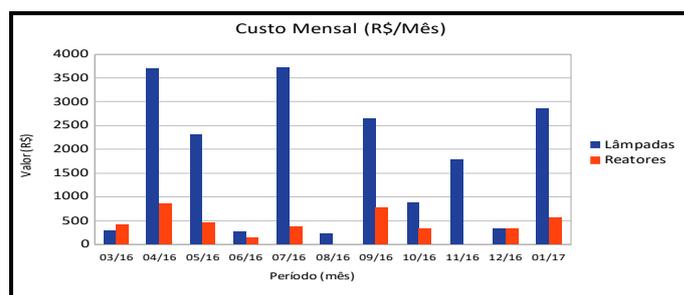


Figura 1. Custo x Mês. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Gráfico acima, é possível observar que a queima das lâmpadas fluorescentes ocorria em maior quantidade que os reatores. Dito isto, a empresa percebeu que o custo de manutenção para 01 luminária composta por 02 lâmpadas e 01 reator, aproximava-se do valor necessário para implementar o uso de lâmpadas *LED* que apresentam valor acima (cerca de 60 a 70% a mais que a lâmpada fluorescente), mas que não necessitam de reatores para funcionarem.

Deficiência da Luminosidade e Desconforto Causado

Por meio de reclamações dos clientes, que a iluminação não era adequada para leitura das embalagens dos produtos à venda, que muitas vezes apresentam informações confusas em escrita minúscula. Esta situação, portanto, gerava desconforto, desvalorização do produto e comprometia a segurança do ambiente, cuja medição revelou a luminosidade de 293 lux.

A NBR ISO-CIE 8995-1, seção 5, trata dos requisitos para planejamento da iluminação e informam a Iluminância mínima exigida para ambientes de trabalho. Deste modo os ambientes estudados classificam-se, conforme sua finalidade, na Iluminação geral para áreas com Iluminância mínima de 500 lux (área comercial e de preparação), e recintos não usados para trabalho contínuo, cuja Iluminância mínima é de 200 lux (área de depósito).

É importante ressaltar que o dimensionado da iluminação, fazendo o uso de lâmpadas fluorescentes, foi realizado inicialmente de forma correta, contudo

percebe-se que a iluminância seria adequada caso não houvesse a queima constante de lâmpadas e reatores em grande quantidade, tendo em vista que o que acarretava a perda da iluminância era a falta de luminárias acessas e não a capacidade que tinham de iluminar.

Projeto Retrofit

Durante os primeiros 45 dias de estudos foram realizados levantamento de dados e a elaboração do projeto da iluminação. Neste período, elaborou-se a lista de material para que o setor de compras providenciasse os insumos necessários para execução do projeto *Retrofit*, sendo que as demais etapas ocorreram da seguinte forma:

1. Análise das condições físicas existentes cujo objetivo era preservar as luminárias do local e diminuir o custo do projeto, tendo em vista que mantendo as luminárias não seria necessário incluir serviços com o forro de gesso (placas e pintura);

2. Estudo das lâmpadas *LED* existentes no mercado, realizando a equivalência de modelo que pudesse substituir lâmpadas fluorescentes;

3. Substituição das lâmpadas.

4. Medição da corrente elétrica antes da substituição das lâmpadas;

5. Verificação preventiva da rede elétrica;

6. Prazo de execução das substituições: 25 dias de trabalho no período das 22h às 6h – 200h, visando a segurança no local e conforto dos clientes;

7. Custo da mão de obra do Projeto: R\$ 14.800,00 – 200h;

8. Custo dos materiais empregados: R\$ 35.833,65 – 1.213 lâmpadas e demais materiais necessários, tais como cabos e soquetes;

9. A empresa migrou sua modalidade tarifária de cliente do grupo A para a modalidade Mercado Livre, ou seja, passou do ambiente ACR para o ACL.

Durante a substituição, foram realizadas análises dos circuitos elétricos de iluminação, os quais apresentaram boas condições, que puderam ser observadas na medição da corrente elétrica dos disjuntores que interligam as fileiras de lâmpadas anteriormente existentes. O mesmo procedimento foi realizado após a implantação do projeto *Retrofit* com *LED*, conforme ilustrações anexas.

3. RESULTADOS

Os Utilizando os passos mencionados no Quadro 6 e a Equação 1, obteve-se o valor do Índice do local K para cada setor definido no Projeto Apêndice D, conforme Tabela 2.

A empresa, por medida de economia dos materiais empregados (forros, luminárias e pintura) escolheu manter a quantidade de luminárias existentes, desenvolvendo o projeto com valor mínimo de Iluminância previsto pela norma. Assim sendo, combinando os passos

do Quadro 5 e Quadro 6 com a Equação 2, foi possível obter a quantidade *N* de luminárias, bem como o número *Z* de lâmpadas para cada setor, conforme Tabela 5.

Tabela 2. Dados para Obtenção do Índice do Local (K)

SETOR	C (m)	L (m)	A	K
Setor A	6,48	12,02	1,70	2,48
Setor B	12,00	2,40	1,70	1,18
Setor C	21,08	5,84	1,70	2,69
Setor D	5,5 4	4,70	1,70	1,50
Setor E	6,30	5,22	1,70	1,68
Setor F	7,25	7,03	1,70	2,10
Setor G	7,25	7,03	1,70	2,10
Setor H	14,80	6,30	1,70	2,60
Setor I	14,80	6,45	1,70	2,64
Setor J	16,80	5,72	1,70	2,51
Setor K 1	20,30	5,87	0,90	5,06
Setor K 2	6,11	10,68	0,90	4,32
Setor L 1	40,60	49,22	2,40	9,27
Setor L 2	14,19	28,40	2,40	3,94
Setor M	4,52	11,82	0,90	3,63
Setor N 1	28,40	4,70	2,70	1,49
Setor N 2	7,74	32,93	2,70	2,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 3. Quantidade de Luminárias e Lâmpadas por Setor.

SETOR	S (m ²)	E (lux)	φ (lumens)	FU	FM	N (un)	Z (un)
Setor A	77,89	200	4.000,00	0,81	0,9	5	10
Setor B	28,80	200	4.000,00	0,64	0,9	3	6
Setor C	123,11	200	4.000,00	0,85	0,9	8	16
Setor D	26,04	200	4.000,00	0,69	0,9	2	4
Setor E	32,89	500	4.000,00	0,76	0,9	6	12
Setor F	50,97	500	7.600,00	0,80	0,9	5	10
Setor G	50,97	500	4.000,00	0,81	0,9	9	18
Setor H	93,24	500	4.000,00	0,85	0,9	15	30
Setor I	95,46	500	4.000,00	0,85	0,9	16	32
Setor J	96,10	500	3.600,00	0,81	0,9	18	72
Setor K 1	119,16	500	3.600,00	0,84	0,9	22	88
Setor K 2	65,25	500	3.600,00	0,84	0,9	12	48
Setor L 1	1.998,33	500	7.600,00	0,92	0,9	159	318
Setor L 2	403,00	500	7.600,00	0,89	0,9	33	66
Setor M	53,43	500	3.600,00	0,84	0,9	10	40
Setor N 1	133,48	200	7.600,00	0,66	0,9	6	12
Setor N 2	254,88	200	7.600,00	0,80	0,9	9	18
TOTAL	3.702,98	-	-	-	-	337	800

Fonte: Elaborada pelo Autor (2018).

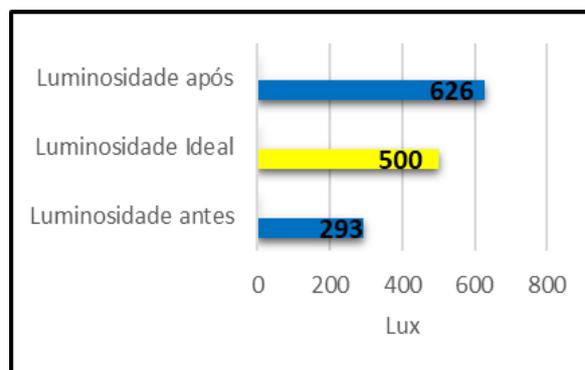


Figura 2. Comparação de Iluminâncias. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os valores da Iluminância no ambiente obtidos por

meio de medidas do equipamento luxímetro, após a substituição demonstraram a eficiência técnica no que se refere ao quesito conforto do projeto *Retrofit*, conforme a Figura 2.

A eficiência da troca pôde também ser observada nas medidas de corrente elétrica, coletadas antes e depois da troca das lâmpadas, uma vez que a Equação 3

Equação 3. Potência Elétrica

$$P = i \times U \quad (3)$$

P = Potência elétrica em Wats (W),

i = Corrente elétrica em Ampere (A)

U = Tensão em Volts (V).

Considerando a Equação 3, temos que:

- a) Se a tensão entre fase é constante e igual 220V;
- b) Se a potência das lâmpadas é menor após a substituição;
- c) Então, por consequência, o valor da corrente elétrica será proporcionalmente menor em relação à corrente elétrica com lâmpadas fluorescentes.

A Figura 3 a seguir demonstra a variação da corrente elétrica obtida ao se comparar as medidas antes e após o processo de troca.

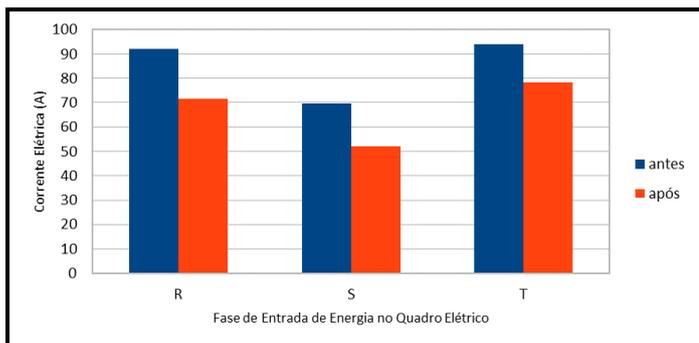


Figura 3. Comparação da Corrente Elétrica Antes e Após a Substituição. **Fonte:** Elaborado pelo autor (2018).

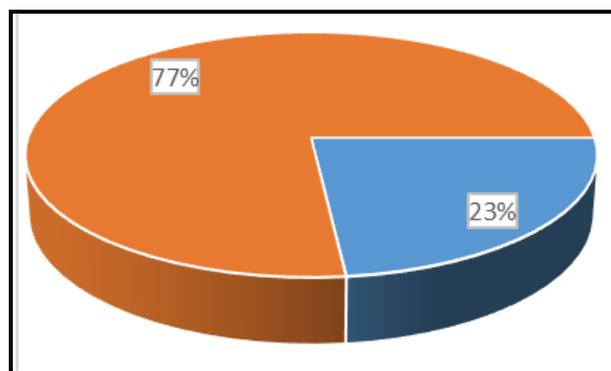


Figura 4. Consumo Referente à Iluminação Antes da Substituição. **Fonte:** Elaborado pelo Autor (2018).

Com relação ao consumo em KWh, ao combinarmos os dados da tabela do apêndice C, os resultados nos

permitiram concluir que a parcela referente ao consumo da empresa com iluminação reduziu de 23% para 13% do consumo total de energia

A Figura 4 demonstra a porcentagem que a iluminação representa na fatura antes da execução do projeto, o Gráfico 6 representa a porcentagem após a substituição das lâmpadas, sendo possível analisar a redução da parcela referente à iluminação do consumo total de energia elétrica.

A comparação acima mencionada nos auxiliam a quantificar conforme Tabela 4.

Tabela 4. Comparação de Consumo e Valores do Projeto *Retrofit*.

Variáveis	Fluorescentes	LED
1213 lâmpadas com consumo mensal de 55,67 KWh em 22 dias por mês durante 14 horas por dia	17.146,36 KWh/mês	7.515,20 KWh/mês
1213 lâmpadas com consumo mensal de 55,67 KWh em 04 dias por mês durante 17 horas por dia	3.785,29 KWh/mês	1.659,20 KWh/mês
Consumo em KWh no período de um ano	251.179,80 KWh/ano	110.092,80 KWh/ano
Valor gasto com consumo de energia elétrica referente a parcela de iluminação	R\$ 109.685,00/ano	R\$ 48.075,00/ano

Fonte: Elaborada pelo Autor (2018).

Além da redução percebida no consumo de energia, a empresa alcançou ainda a redução de gastos com a manutenção e aquisição de novas lâmpadas, uma vez que as luminárias em *LED*, de fato apresentam maior eficácia quanto ao tempo de vida útil.

No mesmo período do ano de 2018 após o processo de substituição e conforme pode ser observado, a empresa A teve um custo de manutenção de R\$ 700,00, o que nos permite compreender que a economia foi de R\$ 22.489,50, somente com a manutenção.

Diante dos valores levantados é possível obtermos informações relevantes sobre o lucro obtido bem como o tempo necessário para recuperação deste investimento, pois saber mensurar o retorno sobre o investimento de projetos é um importante passo para futuras decisões bem fundamentadas.

Segundo Machado (2009) o ROI – Retorno sobre o Investimento ou *Return on Investment*, demonstra qual o percentual que a economia reflete no que foi empregado,

ao passo que o *Payback* calcula o período necessário para recuperar o investimento.

Utilizando os valores investidos no processo e dados da Tabela 6 e Tabela 7, é possível realizar uma análise econômica do projeto.

É importante destacar que o uso de lâmpadas LED dispensa o uso de reatores, e por isso não há custos com reatores após o processo de *Retrofit*.

Diante dos dados acima mencionados é possível calcular o *ROI* e o *Payback* do referido projeto – dados respectivamente pelas seguintes equações 4 e 5, conforme Machado (2009).

Equação 4. *ROI* – Return on Investment

$$ROI = \frac{\text{Lucro (Valor Economizado)}}{\text{Investimento}} \times 100 \quad (4)$$

Equação 5. *Payback* – Tempo de retorno do Investimento

$$Payback = \frac{\text{Investimento}}{\text{Lucro}} \quad (5)$$

O Valor Investimento foi obtido somando-se o custo dos materiais empregados (R\$ 35.833,65) ao custo da mão de obra do Projeto (R\$ 14.800,00), e quanto ao Valor Economizado, somou-se a diferença economizada referente ao consumo de energia elétrica da iluminação (R\$ 61.610,00) ao valor líquido economizado na manutenção (R\$ 22.489,50).

Assim pelas equações 4 e 5 pôde-se obter que:

$$ROI = \frac{84.099,50}{50.633,65} \times 100 = 166,09\%$$

$$Payback = \frac{50.633,65}{84.099,50} = 0.602 \text{ anos ou } 7 \text{ meses}$$

Ou seja, no período a empresa obteve 166,09% de retorno sobre o Investimento realizado com a economia dos recursos, além disso *Payback* demonstra que o investimento foi recuperado em aproximadamente 7 meses,

Em face dos valores de retorno obtidos é possível ainda estabelecer um comparativo, descritos na Tabela 5 com diversos Índices de Rendimento Nacional tais como TR (Taxa Referencial), Poupança, SELIC e CDI.

Observando a Tabela 5 é possível afirmar que o maior retorno (R\$54.900,30) é ainda menor que o valor total economizado no período estudado (Mar/17 a Jan/18)

A Figura 5 demonstra desempenho do consumo no período de fevereiro de 2016 a janeiro de 2017 e

estabelece uma comparação do resultado. Ressalta-se que de fevereiro a junho de 2016 a empresa enquadrava-se ainda como consumidora ACR, utilizando-se do gerador nos horários de ponta, passando para o ACL em julho de 2016.

Tabela 5. Comparação dos Índices de Correção Monetária.

Índice	Investimento	Índice de correção	Valor percentual	Montante R\$
TR	50.633,65	1,003667	0,3667%	50.819,32
Poupança	50.633,65	1,0534494	5,3449%	53.339,99
SELIC	50.633,65	1,084265	8,4265%	54.900,30
CDI	50.633,65	1,08415	8,4150%	54.894,49

Fonte: Banco Central do Brasil (2018).

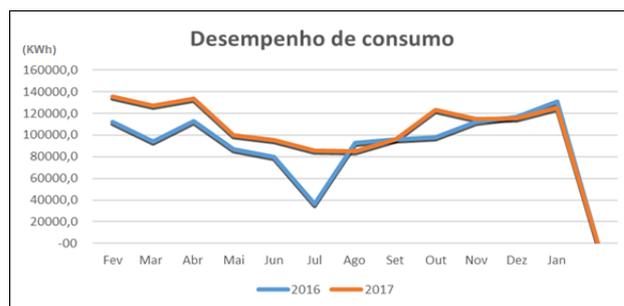


Figura 5. Desempenho de Consumo.

Deve-se observar que de agosto de 2016 a março de 2017, a empresa já havia ampliado em parte seu horário de atendimento e operava com as lâmpadas fluorescentes, sendo que a troca para *LED* ocorreu em abril de 2017.

Finalmente, no mês de abril de 2017 então, é possível observar uma estabilidade do consumo mesmo com operação inclusa no horário de ponta. E finalmente a partir de setembro de 2017 a empresa passa a atender o público todos os dias, isto é, de segunda e domingo, das 8h às 22h (uma ampliação de 120h/mês).

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela empresa gestora do projeto *Retrofit* repercutiram em ganhos econômicos, valorização do ambiente e dos produtos ofertados, além de maior conforto aos usuários, gerando melhor qualidade no atendimento.

A redução do consumo geral foi de 31,27 KW e contribuiu fortemente para os bons resultados da empresa A, uma vez que o valor de demanda de consumo aumentou substancialmente com a ampliação do horário de atendimento ao público nos dias úteis e abertura das lojas aos domingos e feriados.

Os gastos com manutenção deixaram de ser um problema, tendo em vista que a lâmpada de *LED* possui de 3 a 4 vezes maior durabilidade (conforme

especificação do fabricante), que os modelos inicialmente utilizados. No que se refere à iluminação obteve-se um ganho de 333 lux, ocasionando melhor conforto aos usuários e valorização visual dos produtos ofertados.

É importante salientar que a transição de modalidade para o Mercado Livre, contribuiu no sentido de suprimir o uso do gerador obtendo como consequência uma economia considerável de aproximadamente 2400 litros de combustível, e eliminando ainda os problemas causados pelo efeito *Flicker*, responsável por grande parte da queima das lâmpadas.

Percebe-se que estrategicamente as decisões da empresa A foram eficientes, pois conseguiu-se atender uma maior demanda de consumo com os mesmos valores ou até com menos que os valores antes empregados.

Os benefícios obtidos com esse projeto *Retrofit* foram fundamentais para o ganho técnico e econômico deste estabelecimento, ficando de sugestão para futuros trabalhos a possível comparação dos efeitos harmônicos que as lâmpadas provocam na qualidade da energia elétrica do estabelecimento.

REFERÊNCIAS

- [1] Burini Junior EC, Santos ERO. Nanoeletrônica: dispositivos eletroluminescentes para iluminação artificial. *Revista Lumière Electric*. 2013; 15(182):62-70.
- [2] PHILIPS. Lighting Philips. Cases – Casos Relacionados. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br>>. Acesso em: 14 mai. 2018.
- [3] Barros BF, Bolleri R, Gedra RL. *Eficiência Energética*. São Paulo: Erika Ltda., 2015.
- [4] Roméro AR, Reis LB. *Eficiência Energética em Edifícios*. Barueri: Manole Ltda., 2012.
- [5] UNICAMP. Iluminância e Cálculo de Luminotécnico, 2018. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2018. /root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpageopel2.nsf2Fverdocatual%2FB97A68E9ACB2740003257F380070DBD8>. Acesso em: 13 ago 2017.
- [6] Ryba A, Lenzi EK, Lenzi MK. *Elementos de Engenharia Econômica*. 2. ed. Série Gestão Financeira. Curitiba: Intersaberes, 2016.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. A Tarifa de Energia Elétrica. SGT, 15 mar. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas>>. Acesso em: 27 mar. 2018.
- [8] Maximiano AC. *Introdução à Administração*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- [9] Niskier J, Macintyre A J. *Instalações Elétricas*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [10] Silva LM., *Luz Lâmpada e Iluminação*. 4. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2014
- [11] Cotrim AMB. *Instalações Elétricas*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- [12] Mamede Filho J. *Instalações Elétricas Industriais*. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006.
- [13] Creder H. *Instalações Elétricas*. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- [14] Banco Central do Brasil – Calculadora do Cidadão – 2018. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/calculadora/calculadoracidadao.asp>. Acesso em 01 Mar 2018.
- [15] Capelli A. *Energia Elétrica*. São Paulo: Erika Ltda., 2015.
- [16] Creder H. *Instalações Elétricas*. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [17] INTRAL, *Iluminação Inteligente*. INTRAL. 2016 Disponível em: <http://intral.com.br/Uploads/ContentFile/01022018-160805_Catalogo%20luminarias%20e%20reatores-2015.pdf> acesso em 27-05-2018.
- [18] Lima EB; *Contabilidade de Custos – CRC RJ (Conselho Regional de Contabilidade do Estado do Rio de Janeiro)*. Rio de Janeiro:13-05-2014. Disponível em< <http://webserver.crcrj.org.br/APOSTILAS/A0084P0449.pdf>> Acesso em 10 mar 2018.
- [19] LUZ – CSA, 2007. Disponível em: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/educators/resources/stars/light.asp>. In Gargaglione S, Dominici T. *Identificação e Combate à Poluição Luminosa*.
- [20] Laboratório Nacional de Astrofísica – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. p. 05. Disponível em http://www.lna.br/lp/apostila_pl.pdf. Acesso em: 30 Jun. 2018
- [21] Machado MI. *Gestão de Custo e Formação de Preços*. 1. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.
- [22] Oliveira *et al.* Projeto e implementação de um simulador de efeito *Flicker*. *Anais... XIV Congresso Brasileiro de Automática*, Natal, RN, 2 a 5 de setembro de 2002.
- [23] Pinto M. O. *Energia Elétrica, Geração, Transmissão e Sistemas Interligados*. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- [24] Rubin C. História da Lâmpada. *Revista Pré Univesp, Jaguaré*, n. 61, dez. 2016/ jan. 2017. Disponível em: <<http://pre.univesp.br/historia-da-lampada#.Wi3Eh0qnHIU>>. Acesso: 10 dez. 2017.