



ANÁLISE COMPARATIVA DA LOGÍSTICA REVERSA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E LED EM UMA SIDERÚRGICA PERNAMBUCANA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.II-002>

Eduardo Antonio Maia Lins (*), Mariana Souto Maior de Oliveira, Adriane Mendes Vieira Mota, Maria Clara Pestana Calsa, Andréa Cristina Baltar Barros

* Instituto Federal de Pernambuco / Universidade Católica de Pernambuco; e-mail: eduardomaialins@gmail.com

RESUMO

A substituição de lâmpadas fluorescentes por LED aumenta a eficiência energética de uma empresa, gerando como resultado não apenas um menor consumo de energia, como também pouca necessidade de manutenção. Dentre os diversos benefícios trazidos pela implantação desse projeto, pode-se citar uma vida útil superior a quarenta mil horas, com depreciação luminosa inferior a 15%, além de possuírem alta resistência à vibração e impacto, reduzindo em até 95% o consumo de energia em relação a outras lâmpadas. Possuem fator de potência acima de 96% garantindo, assim, uma menor potência reativa. O descarte é simplificado por não possuírem mercúrio ou outras substâncias perigosas. Foram quantificadas as lâmpadas fluorescentes existentes nas áreas administrativas da usina e verificados os gastos atuais com consumo de energia, com compra e substituição de materiais, gastos com o tratamento, potência, iluminância, quantidade de substituições e tempo de vida útil. Em seguida, foi comparado com as lâmpadas LED e projetada a substituição total para um período de quinze anos. Notou-se que a tecnologia de lâmpadas LED é uma importante aliada na redução do consumo de energia, pois consome menos energia do que as lâmpadas fluorescentes e, apesar de ter um alto custo de investimento inicial, esse custo se paga com a economia de energia e redução de trocas das lâmpadas, sem qualquer alteração nas instalações elétricas.

PALAVRAS-CHAVE: Custos; Otimização; Lâmpadas; Resíduos; Tratamento.

ABSTRACT

Replacing fluorescent lamps with LEDs increases a company's energy efficiency, resulting in not only lower energy consumption, but also less maintenance. Among the many benefits brought by the implementation of this project, we can mention a useful life of more than forty thousand hours, with a light depreciation of less than 15%, in addition to having high resistance to vibration and impact, reducing energy consumption by up to 95% compared to other lamps. They have a power factor above 96%, thus ensuring a lower reactive power. Disposal is simplified as they do not contain mercury or other hazardous substances. The fluorescent lamps existing in the administrative areas of the plant were quantified and the current expenses with energy consumption, with purchase and replacement of materials, expenses with treatment, power, illuminance, number of replacements and useful life were verified. It was then compared with LED lamps and projected full replacement for a period of fifteen years. It was noted that LED lamp technology is an important ally in reducing energy consumption, as it consumes less energy than fluorescent lamps and, despite having a high initial investment cost, this cost is paid for with energy savings and reduced lamp replacements, without any change in electrical installations.

KEY WORDS: Costs; Optimization; Lamps; Waste; Treatment.

INTRODUÇÃO

A preocupação atual com o consumo de energia sustentável e, conseqüentemente, diminuição do uso dos recursos energéticos faz com que as empresas busquem alternativas ecologicamente corretas. Em tudo que se faz na sociedade atual a energia é empregada em grande escala. Por esse motivo faz-se necessário utilizá-la de maneira inteligente e eficaz. Dentre as diferentes formas de energia, destaca-se a elétrica (BRASIL, 2016). Pode-se afirmar que ela é vital ao desenvolvimento econômico e bem-estar dos seres humanos. O controle do seu uso permite melhor qualidade de vida, gerando mais empregos, crescimento econômico e competitividade. O uso inteligente da energia permite reduzir custos, ter ganhos com produtividade, maior lucratividade, uma melhor eficiência energética e desenvolvimento sustentável.

A iluminação representa quase 20% do consumo de energia. As fontes de energia estão cada vez mais escassas devido ao consumo acentuado, fazendo-se necessária a construção de novas usinas hidrelétricas, causando impacto ambiental. Por esse motivo faz-se necessário sociedades mais sustentáveis, que visam à economia de energia (FRANCISCO, 2009).



No início dos anos 60, surgiram os Diodos Emissores de Luz (LED - Light Emitting Diode). É um dispositivo semicondutor, seu princípio de acionamento é a eletroluminescência, que emitindo luz através da combinação de elétrons e lacunas em um material sólido (HARRIS, 1993). Tem como importante característica o baixo consumo de energia, podendo reduzir em até 80% em relação às incandescentes. Duram em média 25 vezes mais e estão livres de metais pesados que prejudicam o meio ambiente.

Visando obter níveis satisfatórios de iluminação artificial com a diminuição dos gastos em energia, surgem tecnologias e novos equipamentos que emitem luz. Dentre essas tecnologias, destacam-se o LED, cujo uso está sendo cada vez mais frequente. Fala-se, que num futuro próximo, o mercado de iluminação verá à substituição total das lâmpadas incandescentes e fluorescentes, por LEDs.

OBJETIVOS

Este trabalho apresenta um estudo dos benefícios gerados, em uma empresa pernambucana, que substituiu as lâmpadas fluorescentes por LED, levando-se em consideração também o correto transporte e destinação. Foram objetivos específicos:

- Verificar a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas por LED;
- Verificar o potencial de eficiência energética do LED;
- Verificar os benefícios ambientais dessa troca;
- Comparar a eficiência de iluminância da lâmpada LED com as fluorescentes, no decorrer do tempo;
- Comparar os custos com manutenção e tempo de substituição.

METODOLOGIA

- Área de Estudo:

O local estudado é uma indústria de, aproximadamente, 850 funcionários e produção anual de 500.000 toneladas de aço. Localizada no Nordeste, apresenta grande influência na economia, enquadra-se na tipologia de indústria siderúrgica. Tem como característica técnica consumir grande quantidade de energia, principalmente no processo de aciaria, que é onde a sucata junto ao ferro gusa viram aço no FEA – Forno Elétrico da Aciaria. Atualmente, é composta por uma subestação principal, com potência instalada de 80 MWh e consumo diário de 39 mWh, que é alimentada com energia diretamente da CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco, e seis subestações secundárias. Como a energia vem das hidroelétricas e pela atual situação de escassez de água, fazem-se necessários estudos de utilizações conscientes, que diminuam a quantidade de energia consumida, e consequentemente, menos uso da água.

- Análise de Dados:

Foram quantificadas as lâmpadas fluorescentes existentes nas áreas administrativas da usina e verificados os gastos atuais com consumo de energia, com compra e substituição de materiais, gastos com o tratamento, potência, luminância, quantidade de substituições e tempo de vida útil. Em seguida, foi comparado com as lâmpadas LED e projetada a substituição total para um período de quinze anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de comparar todos os benefícios do sistema de iluminação elétrica, foram estudados dois casos, como escala piloto, em que o projeto 1 é composto pela utilização de lâmpadas fluorescentes e o projeto 2 é composto por lâmpadas LED. No projeto 1 cada luminária continha quatro lâmpadas de 32W e 1200mm e dois reatores eletrônicos de 32W. Já o projeto 2 foi composto por três lâmpadas LED de 18W e 1200mm. Ambos na área administrativa de uma siderúrgica. Após análise e estudo dos dados dos dois projetos, foram comparados todos os benefícios trazidos por cada um e qual deles seria mais viável para a situação estudada.

- Eficiência luminosa

Pode-se dizer que eficiência luminosa para as lâmpadas (elétricas) é dada pela razão do fluxo luminoso produzido pela potência elétrica consumida, sendo indicada em L/W. Com esses valores é preciso dividir o fluxo luminoso pela potência e assim obtém-se a eficiência energética de cada lâmpada, conforme equação 1.

Eficiência = L/W

Equação 1



Para o cálculo do projeto 1, tem-se lâmpadas fluorescentes com fluxo luminoso de 1600 Lumens e com potência elétrica de 32 W. Substituindo os dados na equação 1, tem-se uma eficiência do projeto 1 igual a 50 L/W. Para o cálculo do projeto 2, tem-se lâmpadas LED com fluxo luminoso de 1600 Lumens e com potência elétrica de 18 W. Substituindo os dados na equação, tem-se eficiência do projeto 2 é igual a 88,8 L/W. Comparando os projetos 1 e 2 pode-se observar que em relação a eficiência luminosa a lâmpada LED é mais viável, pois precisa de metade da potência da lâmpada fluorescente. E ainda tem uma eficiência maior do que a lâmpada fluorescente, conforme mostra Figura 1.

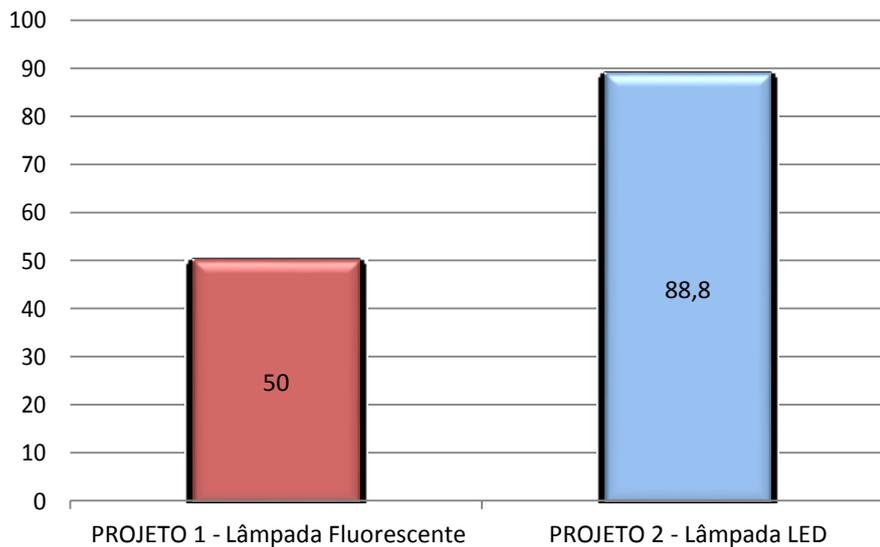


Figura 1: Eficiência Luminosa (L/W).

- Consumo de Energia

Para se calcular o consumo de energia da luminária de lâmpadas fluorescentes ou LEDs, foi utilizado a potência total do conjunto multiplicado pelo valor do kWh da concessionária. Levando-se em consideração uma jornada de trabalho de nove horas e trinta minutos por dia, vinte e dois dias úteis por mês e doze meses no ano, obteve-se um total de 2508 horas no ano.

Para o projeto 1, das lâmpadas fluorescentes, adicionou-se a potência das quatro lâmpadas mais os dois reatores elétricos. Como as lâmpadas e os reatores têm potência de 32W, pode-se dizer que a potência do conjunto é dada conforme equação 2.

$$\text{Potência do conjunto} = \sum \text{Potência das lâmpadas} + \sum \text{Potência dos reatores} \quad \text{Equação 2}$$

Obtendo-se a potência total do conjunto e multiplicando pelas horas do ano, obteve-se um consumo total anual de 481,5 kWh.

Em relação ao projeto 2, das lâmpadas LED, tendo potência de 18W e luminária formada por três lâmpadas, pode-se afirmar que a potência do conjunto é dada pela equação 3.

$$\text{Consumo total anual} = \text{Potência total} \times \text{Horas ano} \quad \text{Equação 3}$$

Obtendo-se um consumo total de 135,4 kWh, e, comparando os projetos 1 e 2 pode-se observar que em relação ao consumo de energia em quilowatts a lâmpada LED é mais viável, pois consome três vezes menos do que a lâmpada fluorescente conforme Figura 2.

Para obter o consumo de energia em quinze anos basta multiplicar o consumo total pelo número de anos, conforme equações abaixo:

$$\text{Consumo total} = \text{Consumo total anual} \times 15 \quad \text{Equação 4}$$

Comparando os projetos 1 e 2 pode-se observar que em relação ao consumo de energia em kWh a lâmpada LED é mais viável, pois gasta três vezes menos em relação as lâmpadas fluorescentes.

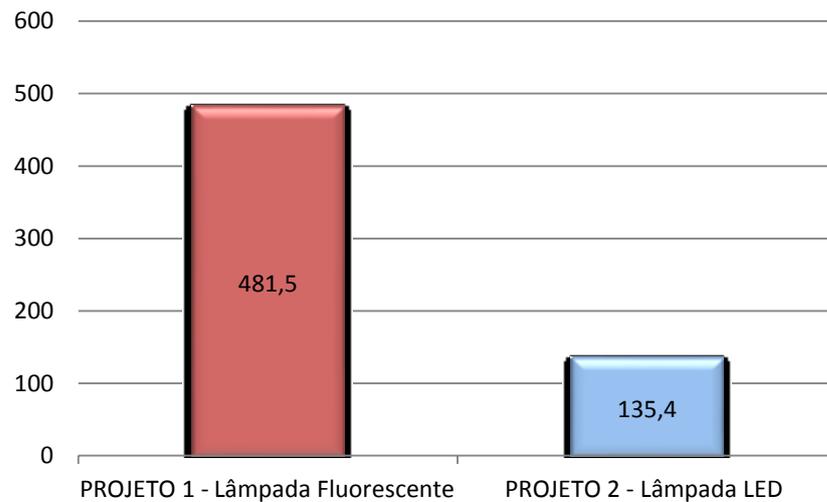


Figura 2. Consumo Diário (kwh).

- Comparativo financeiro

Sabendo o consumo total dos projetos por ano e a taxa que a concessionária local cobra que é 0,10 R\$/kWh, foi possível encontrar o valor a ser pago por ano em reais por luminária, através da equação 5.

$$\text{Consumo anual por luminária} = \text{Consumo total} \times \text{Taxa cobrada pela concessionária} \quad \text{Equação 5}$$

Levando-se em consideração que houve mudança em 3500 luminárias na área administrativa, a fim de obter o consumo total anual, baseou-se no consumo anual por luminária e multiplicou-se pela quantidade de luminárias, conforme equação 6, obtendo-se um valor de 168.255,00 reais/ano para o projeto 1, e, 47.401,20 reais/ano para o projeto 2.

$$\text{Consumo total} = \text{Consumo anual por luminária} \times \text{número de luminárias} \quad \text{Equação 6}$$

Comparando-se os projetos 1 e 2 (Figura 3) pôde-se observar que em relação ao consumo de energia em reais a lâmpada LED é mais viável, pois gasta três vezes menos em relação as lâmpadas fluorescentes.

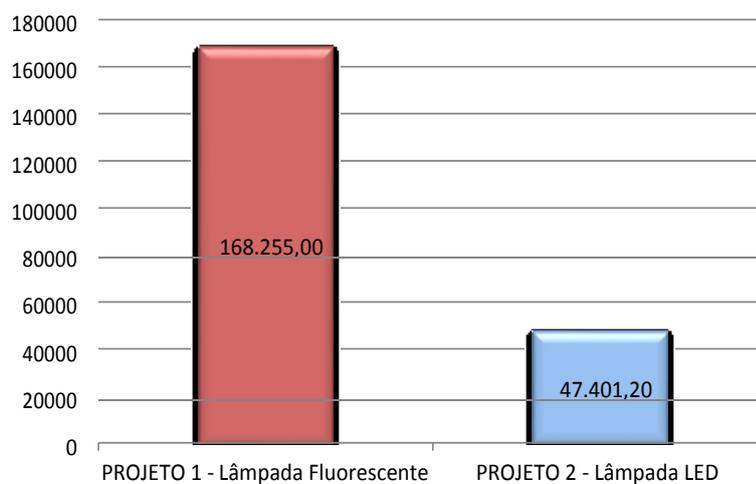


Figura 3: Comparativo do consumo de energia anual em reais.



- Vida Útil

Quanto à vida útil da lâmpada, baseou-se numa jornada de trabalho de nove horas e trinta minutos por dia, vinte e dois dias úteis por mês e doze meses no ano, obtendo-se um total de 2508 horas no ano. Para o projeto 1 do conjunto luminoso de lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W, o fabricante X informou que a vida útil é de 6600 horas. Assim, de acordo com a equação 7, tem-se:

Vida útil / número de horas no ano

Equação 7

Substituindo dados na equação, obteve-se:

Vida útil anual = 6600 horas / 2508 horas ano = 2,6 anos

Para o projeto 2 do conjunto luminoso de lâmpadas LED tubulares de 18W o fabricante informou que possui um período de vida útil de 40000 horas. Para saber a vida útil, em anos, foi realizada a divisão da vida útil informada pelo número de horas no ano que as lâmpadas ficam ligadas. Conforme equação 8, tem-se:

Vida útil Anual = Vida útil em Horas / número de horas no ano

Equação 8

Substituindo dados na equação, obteve-se:

Vida útil = 40000 horas/2508 horas ano = 15,9 anos

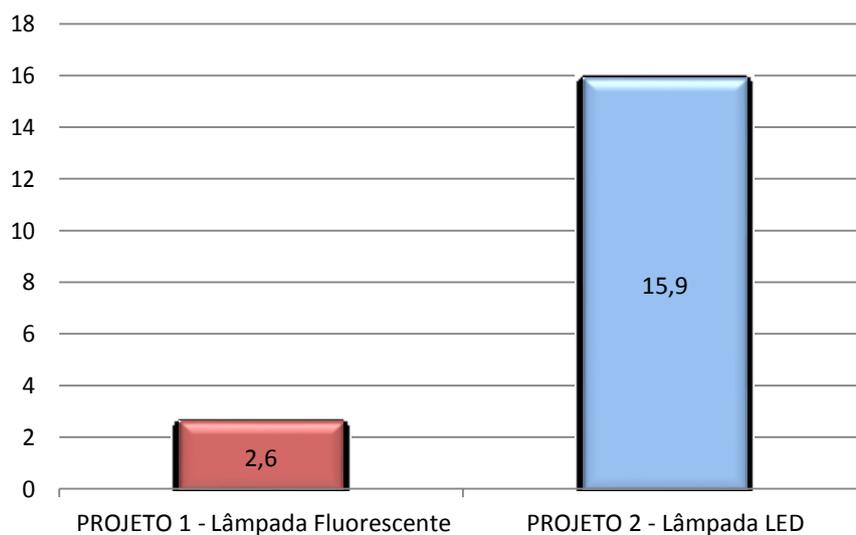


Figura 4: Comparativo da vida útil das lâmpadas em anos.

Comparando os projetos 1 e 2 pôde-se observar que em relação à vida útil, a lâmpada LED possui maior durabilidade comparada as lâmpadas fluorescentes.

- Tratamento / Destinação Final

Analisando-se a destinação final das lâmpadas, a fluorescente deve ser encaminhada a aterros industriais uma vez que é considerada classe I em função da presença do mercúrio. Considerando que o valor da tonelada de depósito desse tipo de resíduo é de R\$ 60,00, e o peso de cada lâmpada de 0,366 kg, tem-se:

$0,366 \times 3500 \times 60 = \text{R\$ } 76.860,00$, sendo este valor apenas para gastos de destinação.

Incluindo o transporte do resíduo perigoso, cerca de R\$ 0,80 por lâmpada, tem-se:

$0,80 \times 3500 = \text{R\$ } 2.800,00$, tendo um custo total de R\$ 79.660,00 para destinação adequada das lâmpadas fluorescentes.

Comparando-se este valor, com o gasto de reciclagem de uma lâmpada LED, que pode ser realizada na própria empresa, observa-se um custo mais baixo quando comparado a destinação das fluorescentes.



Segundo Xavier & Lins (2018), o aproveitamento de novos insumos gerados pelo reaproveitamento de resíduos pelas lâmpadas LED, o descarte de produtos pós-consumo, que, ao retornar para a cadeia produtiva por meio de reciclagem ou recirculação, gera como consequência a mitigação de impactos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como favorece à sustentabilidade. Entre as evidências encontradas, observa-se que um dos principais problemas relacionados a reciclagem de LED, é a inexistência de um sistema padronizado para os diodos desde a coleta até sua disposição final (CENCI et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Notou-se que a tecnologia de lâmpadas LED é uma importante aliada na redução do consumo de energia, pois consome menos energia do que as lâmpadas fluorescentes e, apesar de ter um alto custo de investimento inicial, paga-se com a economia de energia e redução de trocas das lâmpadas, sem qualquer alteração nas instalações elétricas.
- Foram avaliados e comparados nos dois projetos a eficiência luminosa, o consumo de energia em kWh, os gastos com energia, a vida útil das lâmpadas, quantidade de trocas de lâmpadas, comparativo financeiro de troca de lâmpadas e em todos esses itens o projeto dois, que se refere a lâmpadas LED, foi mais viável.
- Por mais que o investimento de substituição das lâmpadas fluorescentes por LEDs tenham um alto custo, o retorno financeiro se dará com o baixo consumo de energia e de manutenção, além de serem passíveis de reciclagem, otimizando-se o custo da destinação em aterros industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Estudos da Demanda de Energia 2050**. Nota Técnica DEA 13/15, 2016.
2. BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, Brasília, DF, 2010.
3. BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, Brasília, DF, 2022.
4. CENCI, M. P.; BERTO, F. C. D.; SCHNEIDER, E. L.; VEIT, H. M. Assessment of LED lamps components and materials for a recycling perspective. **Waste Management**, v. 107, p. 285- 293, 2020.
5. FRANCISCO, W.C. (2009). Energia Hidrelétrica Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm>. Acesso em: 23 janeiro 2022.
6. HARRIS, J. B. Electric lamps, past and present. **IEE Engineering Science and Education Journal**, p. 161-170, Agosto 1993.
7. SOBREIRA, S. G. A. **Eficiência Energética Aplicada a Iluminação**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais, 2017.
8. XAVIER, L.H., LINS, F.A.F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, n.379. Março, 2018.