

VANTAGENS ECONÔMICAS, AMBIENTAIS E DE DURABILIDADE DA LÂMPADA DE LED EM COMPARAÇÃO AS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES

ECONOMIC, ENVIRONMENTAL AND DURABILITY ADVANTAGES OF LED LAMPS IN COMPARISON TO FLUORESCENT TUBE LAMPS

YSABELA THAIZ PEREIRA. Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Ingá.

EDENIR CARVELLI. Professor do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Ingá. Engenheiro Civil, especialista pela Universidade Estadual de Maringá.

Endereço para correspondência: Rua Osvaldo Cruz, 263, Zona 7, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87020-200. E-mail: ysabelathaiz@hotmail.com

RESUMO

O trabalho teve por objetivo analisar a eficiência energética em iluminação, analisar a legislação ambiental aplicável e identificar a relação custo-benefício dos fatores econômicos e de durabilidade entre as lâmpadas fluorescentes tubulares e de lâmpadas LED. Foi realizada uma coleta de informações na literatura sobre questões econômicas, ambientais e de durabilidade de lâmpadas LED e fluorescente tubular. Os dados analisados foram subdivididos em fases, para melhor compreensão, sendo elas: custo do Kwh em consumo residencial; custo do modelo das lâmpadas; especificações técnicas da lâmpada fluorescente tubular e LED; fatores econômicos e de durabilidade; leis referentes a destinação dos resíduos e componentes presentes nas lâmpadas fluorescentes tubular e LED. Os resultados mostram que a Lâmpada de LED (LED) possui um custo econômico maior do que a lâmpada fluorescente tubular, mas ao final seu custo-benefício é compensador. Quanto à sua durabilidade, a LED mostrou-se bem mais viável, pois ela é aproximadamente 50% mais durável do que a outra. Em relação a questões ambientais, a fluorescente tubular possui em sua composição materiais pesados, como o mercúrio, material ausente na LED. Conclui-se que a LED é mais vantajosa do que a fluorescente tubular comparando a relação custo-benefício e os impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Custo-benefício iluminação. Eficiência energética. Lâmpadas LED.

ABSTRACT

This academic paper aims to analyze energy efficiency in lighting, analyze applicable environmental legislation and identifying the cost-benefit ratio of economic and durability factors between fluorescent tube lamps and LED lamps. An information collection was made via literature readings on economic, environmental and durability issues of LED and fluorescent tube lamps. The analyzed data were subdivided in stages, for better understanding, being: cost of kWh in residential consumption; lamps cost; technical specifications of fluorescent tube and LED lamps; economic and durability factors; laws regarding the disposal of residues and components present in both lamps. The results show that LED lamps cost more than fluorescent tube ones, however they are cost-

effective, as their durability is proven to be much more viable as they are approximately 50% more durable than fluorescent tube lamps. Regarding environmental issues, tubular fluorescent lamps contain heavy materials in their composition, such as mercury – a material absent from LED. In conclusion, comparing cost-benefit and environmental issues, LED is more advantageous than fluorescent tube lamps.

KEYWORDS: Cost-effective lighting, Energy Efficiency. LED Lamp.

INTRODUÇÃO

Foram analisadas as discussões em relação à eficiência energética, bem como as estratégias e recursos usados para tentar diminuir o consumo de energia. Duas fontes de iluminação são utilizadas de forma eficaz nesse processo, são elas as lâmpadas fluorescentes tubulares e LED (PADILHA; JUNG; RODRIGUES, 2015).

A grande questão está na eficiência energética de cada uma das lâmpadas. Uma das formas usadas para mensurar a eficiência energética é a criação de um sistema de gestão da energia, apresentada na NBR ISO 50001, na qual o sistema é periodicamente revisado e avaliado a fim de se chegar a uma maior eficiência energética. Ainda segundo a NBR ISO 50001 quando há aquisição de um produto que possa influenciar significativamente no gasto de energia, é necessário ponderar sobre a eficiência energética do equipamento ou produto.

Dentre os conceitos que compõem uma edificação sustentável, destaca-se a racionalização do uso da energia através da eficiência energética. A eficiência energética é adotada em projetos de edificações a fim de racionalizar o consumo evitando desperdícios sem comprometer os serviços necessários à saúde, segurança, conforto e produtividade do usuário de uma edificação (CARLOS, 2008, p. 2).

De acordo com Braga et al. (2014, p. 144):

LED (do inglês *Light Emission Diode*, diodo emissor de luz) é um dispositivo eletrônico semicondutor, que quando polarizado diretamente, dentro do semicondutor ocorre a recombinação de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia armazenada por esses elétrons seja liberada na forma de calor ou luz devido à passagem da corrente elétrica na junção ânodo para o cátodo.

LED é uma lâmpada que possui uma eficiência grande no quesito iluminação, gerando menos calor, principalmente devido à sua produção que contém um dissipador de calor de alumínio, conforme explicado por Creder (2016).

A lâmpada fluorescente foi desenvolvida na década de 1940, possuindo um revestimento interno em pó de “fósforo (s)” que na prática absorve e converte a radiação em extensão de ondas ultravioleta a 253,7 nanômetros. Nessa frequência de onda, a luz não é visível ao olho humano. Os eletrodos que são utilizados em lâmpadas fluorescentes tubulares são também chamados de

cátodo quente. Sua estrutura conta com filamentos de tungstênio, os quais são aquecidos durante seu processo de funcionamento; assim, não havendo a necessidade de utilizar elevadas tensões elétricas para que ocorra o acionamento, segundo Neves e Scarazzato (2014).

Segundo Padilha, Jung e Rodrigues (2015), ainda em relação ao funcionamento das lâmpadas fluorescentes tubulares, essas “não podem controlar o fluxo de corrente sozinhas, assim, é preciso instalar em conjunto com a lâmpada um reator, o que pode aumentar o consumo da instalação”. Os LEDs possuem expectativa de vida relativamente superior em comparação às lâmpadas fluorescentes, podendo chegar a um tempo de utilização de 50 mil horas, em contrapartida as lâmpadas fluorescentes possuem uma vida útil média de 16 mil horas. É preciso uma maior compreensão sobre o LED, uma vez que podemos considerar esse sendo uma forma de iluminação recente em comparação as demais fontes. De acordo com Greggianin et al. (2013), o mercado de LED ainda está crescendo, então é necessário um estudo mais aprofundado sobre os vários modelos de lâmpadas e suas características funcionais a cada demanda do mercado.

As lâmpadas fluorescentes estão há mais tempo no mercado, e conseqüentemente são mais utilizadas. Por esse motivo, as mesmas possuem um preço menor do que as LEDs, dado apontado por Ferreira (2014).

Em relação as suas desvantagens, segundo Ferreira (2014), centram-se no fato de que essas lâmpadas fornecem uma considerável quantidade de raios ultravioletas, além de serem produzidas com mercúrio, e outros metais pesados. Sua composição possui componentes tóxicos, prejudicando o meio ambiente.

Ainda com relação as vantagens das lâmpadas LED, segundo o mesmo autor (2014), essas são produzidas sem a presença de metais pesados, ou seja, são menos prejudiciais ao meio ambiente e a saúde.

Desta forma, pretende-se analisar a eficiência energética em iluminação, analisar legislação ambiental aplicável, e identificar a relação custo-benefício dos fatores econômicos e de durabilidade entre as lâmpadas fluorescentes tubulares e as lâmpadas LED.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A iluminação artificial é usada desde a antiguidade pelo homem. Primeiramente através da luz gerada pelo fogo, a qual possuía maior função de energia térmica do que luminosa. Entretanto, com o passar do tempo ela foi sendo desenvolvida e aprimorada por meio de lampiões e velas, onde o fogo era fonte de iluminação, conforme explica Caye (2010).

Segundo Creder (2016, p. 361-362), para melhor compreensão sobre o conceito de iluminação, é necessário abordar as principais definições:

Fluxo luminoso-lúmen: Fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido de 1 esferorradiano por uma fonte puntiforme de intensidade invariável e igual a 1 candela, em todas as direções. Ainda de acordo com o autor a iluminância - Lux (lx): Iluminância, anteriormente chamada de iluminamento, é definida como a relação entre o fluxo luminoso, em lumens, que incide perpendicularmente sobre uma superfície plana, pela área dessa superfície em (m²). Já em referência

a eficiência luminosa – lm/W é a relação dos lumens emitidos pela lâmpada para cada watt consumido.

Esses fatores não resumem a iluminação artificial como um todo, contudo, em conjunto, auxiliam a compreender melhor o que ela é. Um avanço para a iluminação artificial surgiu com a criação da lâmpada incandescente elétrica, inventada por Thomas A. Edison em 1879, que até recentemente era considerada a principal ou maior forma de iluminação artificial (CAYE, A., 2010).

Atualmente as lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED se tornaram formas de iluminação artificial mais utilizadas do que a incandescentes (BRAGA et al., 2014).

Segundo a Unicamp (2017), a lâmpada de LED pode ser compreendida como:

O LED é um componente eletrônico semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz, mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de estado sólido.

De acordo com Creder (2016, p. 348), as lâmpadas fluorescentes:

Consistem em um bulbo cilíndrico de vidro, tendo em suas extremidades eletrodos metalúrgicos de tungstênio (catodos), por onde circula corrente elétrica. Em seu interior existe vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão, e as paredes internas do tubo são pintadas com materiais fluorescentes, conhecidos por cristais de fósforo.

Atualmente a iluminação artificial para ser considerada realmente eficiente, a população precisa estar atenta não apenas às questões econômicas de produção de lâmpadas, mas também às questões ambientais importantes, como a proteção aos ecossistemas, questões de contaminação ou produtos tóxicos descartados incorretamente, conforme apontado por Zanicheli et al. (2004).

De acordo com Padilha, Jung e Rodrigues (2015), em questões ambientais temos uma grande diferença entre a lâmpada de LED e a fluorescente tubular, na qual a última é feita de material mais tóxico, como o mercúrio por exemplo, que além de possuir maior impacto negativo ao meio ambiente, também é prejudicial ao ser humano, além de seu descarte e/ou reciclagem serem difícil, conforme explica Valentim et al. (2017).

As LEDs, por não possuírem materiais tóxicos em sua composição, não necessitam de um cuidado específico em seu descarte. Além de não emanarem radiação ultravioleta e infravermelha, são mais resistentes em questões de quebra, e quando se quebram seu revestimento especial as impedem de se espalhar, de acordo com o INMETRO. Tudo isso demonstra que o LED é um material mais vantajoso ao meio ambiente do que o fluorescente, tanto em questão de descarte quanto em relação à exposições e manuseio do material.

O artigo “Redução Energética Com a Troca de Lâmpadas Fluorescentes por LED”, de Testoni et al. (2014), busca demonstrar o grande custo-benefício positivo das lâmpadas de LED, e tinham por objetivo a redução do gasto energético em um determinado local, sendo escolhido o Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú. Sua proposta pautava-se no sentido de que haveria uma economia, um aumento da qualidade de energia, bem como a redução dos impactos ambientais, demonstrando assim o custo-benefício da lâmpada LED ao colégio em que a pesquisa foi realizada.

A proposta será viável se os custos para a implantação não excederem o valor da economia em longo prazo [...]. Vale ressaltar que as lâmpadas LED's possuem um aproveitamento energético muito maior que dos modelos concorrentes, bem como uma vida útil muito mais longa e ausência de materiais tóxicos, o que acaba por compensar a troca em longo prazo. (TESTONI et al., 2014, p. 5).

Percebe-se então que o impacto ambiental e os benefícios em longo prazo da lâmpada de LED precisam ser considerados no momento de comparação entre as concorrentes, entendendo-os como fatores extremamente relevantes e vantajosos do LED.

A lâmpada fluorescente tubular e a LED possuem diferenças em materiais utilizados para sua fabricação, sendo que o LED possui vantagens econômicas importantes em relação à fluorescente, segundo Padilha, Jung e Rodrigues (2015).

As lâmpadas de LED podem apresentar uma maior durabilidade se comparada à fluorescente, dependendo do seu modelo. É necessário mencionar que a diferença pode estar até quatro vezes acima do que a lâmpada fluorescente em tempo de vida útil. (INMETRO).

O LED possui alto índice de eficiência energética. Porém, é necessário analisar as adaptações ou demandas eletrônicas existentes para a instalação de uma lâmpada LED, uma vez que essa é uma tecnologia mais recente, e muitas vezes as instalações elétricas em alguns locais são mais antigas ou não estão preparadas para permitir que o LED funcione em condições reais e normais de uso. Assim, a grande questão não é se o LED não irá funcionar, mas se funcionará com sua capacidade total se a instalação elétrica não o permitir ou for inadequada, podendo haver perda da qualidade de energia, conforme explica Braga et al. (2014).

Segundo o INMETRO, há fatores que podem influenciar negativamente ou diminuir a durabilidade da lâmpada de LED, tais como as oscilações da rede elétrica ou interferência na instalação.

Portanto, deve-se ter em conta vários fatores para considerar a lâmpada LED mais viável do que a fluorescente, desde questões ambientais, de tempo de vida útil, até a eficiência energética.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foi realizada uma coleta de informações na literatura sobre questões econômicas, ambientais e de durabilidade da lâmpada LED e fluorescente tubular. Assim, realizando uma

análise e seleção dos dados bibliográficos, artigos, catálogos de prática de iluminação para melhor compreensão desses aspectos em cada modelo de lâmpada abordado.

Para melhor compreensão do presente artigo, os dados analisados foram subdivididos em fases, sendo elas:

PRIMEIRA FASE: CUSTO DO KWH, EM CONSUMO RESIDENCIAL

Neste trabalho o custo do kwh utilizado foi definido de acordo com o estabelecido através da Resolução ANEEL, nº 2.214, de 28 de março de 2017, e incluindo valor dos atributos ICMS, PIS E COFINS de uma classificação ao consumidor residencial (COPEL, 2017).

SEGUNDA FASE: CUSTO DO MODELO DAS LÂMPADAS

O custo de cada modelo de lâmpada avaliada foi realizado através de uma coleta de custos referentes aos modelos das lâmpadas abordadas, sendo eles: Basic F016 w/640 (lâmpada fluorescente tubular), e o modelo Classic A 40 7w/850 (lâmpada LED). A coleta foi realizada a partir em quatro empresas revendedoras de lâmpadas. Logo após a obtenção dos dados, foi realizada a média dos valores coletados, obtendo-se assim seus respectivos valores (LEDVANCE, 2017).

TERCEIRA FASE: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA LÂMPADA. FLUORESCENTE TUBULAR E DA LED

As especificações técnicas foram obtidas por meio de catálogos de iluminação disponibilizados pelas empresas OSRAM e LEDVANCE, com as seguintes informações técnicas: potência (watts), fluxo luminoso (lm), eficiência luminosa (lm/watts) e vida útil (horas).

QUARTA FASE: FATORES ECONÔMICOS E DE DURABILIDADE

Levou-se em consideração que o fluxo luminoso das lâmpadas analisadas fosse o mais próximo possível para que se conseguisse chegar a um valor referente em reais e de horas de funcionamento. Assim, o número de lâmpadas de cada modelo foi ajustado para essa condição estabelecida.

QUINTA FASE: LEIS REFERENTES A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS E COMPONENTES PRESENTES NAS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULAR E LED

A Lei nº 12.305, 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual dispõe o direcionamento e destino final dos resíduos sólidos no país. Ainda com referência a este assunto para nível estadual, há a Lei nº 12.493, 22 de janeiro de 1999. Resíduos do Paraná. E por fim, Lei Complementar nº 758, que institui sobre o controle e a devida recuperação do meio ambiente no município de Maringá.

Informações disponibilizadas pelo técnico responsável sobre componentes presentes nas lâmpadas que foram abordadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos na pesquisa foram calculados utilizando o software EXCEL. Assim, pode-se compreender melhor o modelo de cada lâmpada a ser analisada, assim como outras características técnicas.

PRIMEIRA FASE: CUSTO DO KWH, EM CONSUMO RESIDENCIAL

Através do levantamento no site da concessionária, foi obtido o valor em kWh de R\$0,64020 (COPEL,2017).

SEGUNDA FASE: CUSTO DO MODELO DAS LÂMPADAS

O custo foi mensurado a partir do valor de ambas as lâmpadas em quatro estabelecimentos revendedores. A partir disso, foi realizado um cálculo resultante no valor médio das lâmpadas, sendo eles descritos nos Quadros 1 e 2.

TERCEIRA FASE: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR E DA LED

Nas especificações técnicas descritas no Quadro 1, pode-se observar as diferenças nos valores em potência, fluxo luminoso, eficiência energética e vida útil de ambas as lâmpadas. No caso da lâmpada fluorescente tubular é preciso levar em consideração o valor do reator, visto que para a LED o mesmo não é necessário.

Lâmpadas	Unidade	Fluorescente tubular	LED
Modelos	-	Basic F016 w/640	Classic A 40 7w/850
Reator	Unidade	15,00	-
Valor médio	Reais	6,55	12,9
Potência	Watts	16	7
Fluxo Luminoso	Lm	1050	610
Eficiência Luminosa	Lm/w	65,63	87,14
Vida útil	Horas	12.000	25.000

Quadro 1 – Especificações técnicas da lâmpada fluorescente tubular e da LED. **Fonte:** A autora. Adaptado de Ledvance (2017).

QUARTA FASE: FATORES ECONÔMICOS E DE DURABILIDADE

Para o desenvolvimento dos cálculos comparativos de fatores econômicos e de durabilidade foram utilizadas 2 lâmpadas fluorescentes de 16 watts cada e 4 lâmpadas LED de 7 watts cada.

A potência final para cada sistema foi de 32W para as lâmpadas fluorescentes tubular e 28W para as lâmpadas LED. Esta tentativa de

aproximação das potências teve propósito comparativo.

O valor final para aquisição das lâmpadas fluorescente foi de R\$43,10. Nesse valor foi considerado a soma dos valores de duas lâmpadas e dois reatores, pois foi previsto uma troca durante a vida útil das lâmpadas, considerando que um reator alimenta duas lâmpadas. Para as lâmpadas LED, o montante final foi de R\$51,60 para o total de quatro unidades.

Para o cálculo do consumo total de energia (R\$) foi considerado o período de funcionamento diário de 6 horas, a potência total de cada sistema (kW) e o valor do Kwh descrito na fase 3.1. Assim, multiplicou-se a potência (kW) pelo valor do consumo do kWh para chegar ao custo do valor diário. Na sequência, multiplicou-se por 365 dias para obter o custo anual. Dividiu-se, então, o tempo de vida útil da lâmpada pelo período de funcionamento diário para transformar em dias. Com a vida útil em dias, dividiu-se por 365 para transformar em anos, chegando então a 5,5 anos para a lâmpada fluorescente e 11 anos para a LED.

Através desses valores em anos de funcionamento, quantificou-se o custo total (aquisição e consumo de energia) chegando a R\$ 289,90 para lâmpada fluorescente e R\$ 483,43 para a lâmpada LED. Como a vida útil da fluorescente foi a metade da LED, dobrou-se esse valor para fazer a comparação. Desta forma, chegou-se ao novo custo de R\$579,80. Isto significa um acréscimo de 20% quando comparada com a LED, o que a torna mais vantajosa.

Vale a pena ressaltar que a vida útil das lâmpadas divulgados pelos fabricantes levam em consideração que, uma vez ligadas, as mesmas permaneçam nessa condição por longo período. Para melhor compreensão desta fase, os dados obtidos estão demonstrados no Quadro 2.

Lâmpadas	Unidade	Fluorescente tubular	LED
Modelos	-	Basic F016 w/640	Classic A 40 7w/850
Quantidade	Unidade	2	4
Reator	Reais	15,00	-
Valor médio	Reais	6,55	12,90
Custo de reator mais lâmpadas	Reais	43,10	51,60
Custo do Consumo (Kwh)	Reais	246,80	431,83
Custo Total	Reais	289,9	483,43
Potência	Watts	32	28
Fluxo Luminoso	Lm	2100	2440
Vida útil	Horas	12.000	25.000

Quadro 2 – Análise dos dados econômico e de durabilidades. **Fonte:** Adaptado de Ledvance (2017).

QUINTA FASE: LEIS REFERENTES A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS E COMPONENTES PRESENTES NAS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULAR E LED

Durante a pesquisa foram encontradas leis a título federal, estadual e municipal sobre resíduos sólidos e meio ambiente. As lâmpadas podem ser enquadradas como resíduos sólidos. As leis encontradas e destacadas foram a Lei Complementar nº 758, que institui sobre os resíduos sólidos no município de

Maringá, pode-se usar a referida lei com o intuito de entender o impacto por esta provocada no meio ambiente.

Já em relação a leis estaduais, temos a Lei nº 12.493, 22 de janeiro de 1999, que dispõe exatamente sobre os Resíduos do Estado do Paraná. Por último, a Lei nº 12.305, 2010, é nacional e estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apontando direcionamento e destino final aos resíduos sólidos presentes no Brasil.

Nos dados fornecidos pela Osram e Ledvance, atual distribuidora da empresa, foi observado que as lâmpadas fluorescentes tubulares contêm 8 miligramas de mercúrio por unidade. Os filamentos utilizados nestas lâmpadas são de tungstênio, que é outro metal pesado. Já as lâmpadas de LED não utilizam metais pesados. Embora as mesmas não apresentem mercúrio em sua composição, não podemos deixar de considerar a presença dos semicondutores (LEDVANCE, 2017).

Esta pequena quantidade de mercúrio, vista de forma unitária, não tem grande impacto ao meio ambiente; porém, deve ser tratada com preocupação quando levamos em conta uma grande quantidade. Por isso, a Lei Estadual nº 12493 estabelece o controle desse descarte de material, estabelecendo 3 classificações de resíduo, sendo distribuídos em perigosos, não inertes, e inertes. Algumas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em conjunto com o IAP (Instituto Ambiental do Paraná) determinam a destinação correta deste resíduo. Ressalta-se que não há nenhuma lei específica para as lâmpadas, sendo assim o IAP e a ABNT podem enquadrá-las entre as 3 classificações de resíduos já apresentadas.

CONCLUSÃO

Os estudos mostraram que a lâmpada LED foi 20% mais econômica em relação a sua aquisição e consumo de energia elétrica quando comparada com lâmpada fluorescente tubular.

A questão de durabilidade também é considerada fator importante, enquanto uma lâmpada fluorescente tubular tem vida útil de 12.000 horas, a LED possui 25.000 horas de vida útil conforme dados apresentados no quadro 1 e quadro 2. Isto nos permitiu concluir que a LED possui uma durabilidade maior.

Quanto à análise da legislação ambiental aplicável, deve-se considerar o fato de que não há leis específicas sobre tratamento e descarte de lâmpadas no país. Contudo, as mesmas podem ser classificadas e determinadas pelas normas regulamentadoras de resíduos sólidos encontradas junto a ABNT e IAP.

Com base nas características técnicas apresentadas pelos fabricantes e custos estimados para consumo acredita-se que a lâmpada LED é mais viável do que as fluorescentes, nos requisitos de durabilidade, impacto ambiental e econômicos referentes à sua aquisição e consumo de energia.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO 50001:2011** – Sistema de Gestão de Energia – requisitos com orientações para uso. São Paulo: ABNT, 2011.

BRAGA, F. S. et al. **Análise comparativa da eficiência energética e qualidade de energia em lâmpadas incandescentes fluorescentes e LED's.** 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

_____. **Lei nº 12493**, 22 de janeiro de 1999. Lei de resíduos do Paraná, 1999.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-Residenciais.** 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CARVALHO, M. T. et al. **RETROFLED: redução energética com a troca de lâmpadas fluorescentes por LED.** V FICE – Feira de Iniciação Científica e de Extensão do Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú. 2014.

CAYE, A. **Eficientização de projetos luminotécnicos em ambientes de escola pública.** 2010. 118 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

COPEL. **Exemplo tarifa residencial.** Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fb2f4a2f0687eb6cf03257488005939b9>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

CREDER, H. **Instalações elétricas.** 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

FERREIRA, J. Z. **Estudo Comparativo entre Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8 e Tubulares de LED.** 2014. 59 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curitiba, 2014.

GREGGIANIN, C.A.; DE JESUS, R. A.; et al. **Estudo comparativo entre lâmpadas: incandescentes, fluorescentes compactas e LED.** Espaço Energia – ISSUE 18 – São Paulo: 20 de Abril de 2013.

INMETRO. **Lâmpada LED.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampadaLED/lampadaLED.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

LEDVANCE. **Informações sobre composição das lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas de LED.** 2017a. Disponível em: <<https://www.LEDvance.com.br/>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

_____. **Lâmpadas OSRAM.** 2017b. Disponível em: <http://www.LEDvance.com.br/ldv_br/ferramentas-e-

servicos/servicos/downloads/index.jsp>. Acesso em: 10 jun. 2017.

MARINGÁ. **Lei Complementar N.758**. Disponível em: <<http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/58be46eebb15.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

NEVES, G. D.; SCARAZZATO, P. S. **Estudo comparativo entre duas lâmpadas de descarga de baixa pressão**: análise de viabilidade econômica. ENCONTRO NACIONAL. 12., 2013, Brasília. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/viewFile/12298/8584>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PADILHA, M.; JUNG, F.; RODRIGUES, E. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes e LED aplicado no IFC – Campus Luzerna**. 2015. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar.

TESTONI CARVALHO, MATEUS. LOTTERMANN, M. CRUZ, P. M. F. AMORIM, V. I. PELLIZZETTI, M. A. SCHWEITZER, A. **RETROLFLED: Redução energética com a troca de lâmpadas fluorescentes por LED**. V FICE – Feira de Iniciação Científica e de Extensão do Instituto Federal Catarinense – Câmpus Camboriú 11 e 12 de setembro de 2014.

UNICAMP. **Laboratório de iluminação**. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/LED/dica36.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

VALENTIM, A. A.; FERREIRA, H. S.; COLLETO, M. A. **Lâmpadas de led**: impacto no consumo e fator de potência. Revista Ciências do ambiente online, v.6, n.1, p.29-33, jun.2010.

ZANICHELI, C. et. al. **Reciclagem de lâmpadas** – Aspectos Ambientais e Tecnológicos. 2004, 22 f. Monografia – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2004.