



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LETÍCIA FURTADO MALTA  
LUCENA NAVES DO NASCIMENTO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O USO DE LÂMPADAS  
FLUORESCENTES E LED EM UMA EDIFICAÇÃO DE UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR: ANÁLISE DE  
ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS**

**PUBLICAÇÃO Nº: 16**

**GOIANÉSIA / GO  
2019**



**LETÍCIA FURTADO MALTA  
LUCENA NASVES DO NASCIMENTO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O USO DE LÂMPADAS  
FLUORECENTES E LED EM UMA EDIFICAÇÃO DE UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR: ANÁLISE DE  
ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS**

**PUBLICAÇÃO Nº: 16**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

**ORIENTADOR: LAURIANE GOMES SANTIN**

**GOIANÉSIA / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MALTA, LETÍCIA FURTADO; NASCIMENTO, LUCENA NAVES.

Estudo comparativo entre o uso de Lâmpadas Fluorescentes e LED em uma edificação de uma instituição de ensino superior: Análise de Aspectos Econômicos e Ambientais [Goiás] 2019 xi, 46P, 297 mm (ENG/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- |              |                        |
|--------------|------------------------|
| 1. Lâmpadas  | 2. Aspectos Econômicos |
| 3. LED       | 4. Aspectos Ambientais |
| I. ENG/FACEG | II. Título (Série)     |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MALTA, L. F; NASCIMENTO, L. N. Estudo comparativo entre o uso de Lâmpadas Fluorescentes e LED em uma edificação de uma instituição de ensino superior: Análise de Aspectos Econômicos e Ambientais. TCC, Publicação ENG. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, FACEG, Goianésia, GO, 46p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Letícia Furtado Malta e Lucena Naves do Nascimento.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo comparativo entre o uso de Lâmpadas Fluorescentes e LED em uma edificação de uma instituição de ensino superior: Análise de Aspectos Econômicos e Ambientais.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Letícia Furtado Malta  
Rua 37 n° 421, Setor Sul.  
76382211 - Goianésia/GO - Brasil

---

Lucena Naves do Nascimento  
Rua 17 n° 426, Setor Universitário.  
76382033 - Goianésia/GO - Brasil

**LETÍCIA FURTADO MALTA  
LUCENA NAVES DO NASCIMENTO**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O USO DE LÂMPADAS  
FLUORECENTES E LED EM UMA EDIFICAÇÃO DE UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR: ANÁLISE DE  
ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**LAURIANE GOMES SANTIN OLIVEIRA, Dra (FACEG)  
(ORIENTADOR)**

---

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Me (FACEG)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**JULIANA COSTA CAMPOS, Esp (FACEG)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: GOIANÉSIA/GO, 06 de DEZEMBRO de 2019.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por sempre dar forças para seguir em frente. A todos da minha família que sempre me incentivaram a nunca desistir. Aos meus avós Sonita, Afonso, Oraidá e Antônio. Aos meus pais Sinara e Denilson, que sempre me apoiaram, me deram muito amor e nunca mediram esforços para que eu pudesse concretizar os meus sonhos. A minha irmã Laura, que sempre me apoiou e esteve comigo. A minha colega e amiga Pollyana, que sempre me ajudou e me incentivou nos momentos de fraqueza. A minha parceira Lucena que com muita paciência aguentou todo meu estresse e ouviu também minhas ideias e juntas colocamos em prática. A nossa orientadora maravilhosa Dra. Lauriane Gomes Santin e nosso professor Me. Eduardo Martins Toledo, por toda orientação e por sempre ter nos auxiliado muitíssimo bem, dedicando sempre seu tempo a nos ajudar, dando ideias e apoio no nosso trabalho. Aos demais professores do curso de Engenharia Civil da FACEG que passaram durante esses anos, contribuindo para todo conhecimento adquirido.

---

Letícia Furtado Malta

Primeiramente agradeço a Deus por ter me permitido tantas graças e uma delas a possibilidade de chegar até aqui, pois sem a permissão dele nada seria possível. Aos meus pais que foram quem me conduziram até aqui, se tive forças pra seguir em frente mesmo durante as crises de dificuldades, foi pensando neles que eu persisti. À minha família no geral, que acreditaram na minha capacidade e sempre me incentivaram. Aos meus amigos de faculdade, principalmente aquelas que me acompanharam na reta final, Letícia minha parceira da faculdade, dos problemas, das comemorações e de Tcc; e Pollyana meu anjo da guarda na Faceg. Às minhas amigas Amanda, Iara e Laísa, que ouviram meus desabafos desmotivados e sempre fizeram questão de mostrar meu potencial. Aos meus professores de faculdade que contribuíram imensamente com a construção do meu aprendizado, em especial minha orientadora Dra Lauriane Santin, que com certeza saiu do papel de orientadora e foi essencial, auxiliando de uma forma excepcional no nosso trabalho, falo nosso porque é mérito dela também. E ao Me Eduardo Toledo pela disposição e dedicação em nos auxiliar, contribuindo grandemente para o resultado desse trabalho.

---

Lucena Naves do Nascimento

*"Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu."*

*(Érico Veríssimo)*

## RESUMO

A eficiência energética é um tema recorrente nos dias atuais. Seguindo essa linha percebe-se que uma das formas de otimizar o consumo consciente de energia elétrica é a utilização de lâmpadas de led, esse tipo de fonte luminosa traz um benefício significativo, na redução do consumo de energia e conseqüentemente nos parâmetros sustentáveis, em relação as lâmpadas fluorescentes, ressaltando que além do menor consumo, a vida útil dos leds são mais longas. Partindo desse ponto, um comparativo entre os dois modelos de iluminação seria uma forma de demonstrar que além da colaboração ecológica, a troca tem uma grande viabilidade econômica. Mesmo necessitando de um investimento inicial mais elevado, esses custos se pagam e se tornam compensativos ao longo de sua utilização, esse é o intuito principal do estudo. O local escolhido para o comparativo foi uma instituição de ensino superior, enfatizando os ambientes mais utilizados pelos alunos, foi feita uma pesquisa do tempo de funcionamento da faculdade, depois de estabelecido o método a ser utilizado para os cálculos. Utilizamos o método dos Lúmens e fizemos uma análise para saber qual dos dois sistemas de iluminação é mais vantajoso financeiramente. As lâmpadas fluorescentes tem um menor custo de aquisição quando comparado ao custo das lâmpadas de led, no entanto a vida útil delas são cerca de sete vezes mais curtas do que a vida útil das lâmpadas de led, isso gera uma maior necessidade de manutenção, o que já faz o sistema de led mais vantajoso. Além disso, o consumo da lâmpada de led é a metade do consumo da fluorescente, resultando em uma conta de energia 50% mais barata do que a iluminação fluorescente.

**Palavras-chave:** Consumo de Energia, Eficiência Energética, Fonte Luminosa, Parâmetros Sustentáveis.

## ABSTRACT

Energy efficiency is a recurring factor nowadays. LED lamps are useful way to optimize conscious consumption of electricity, following that trace. This type of light source has a significant benefit in reducing energy consumption and consequently in the sustainable parameters, compared to fluorescent lamps, emphasizing that besides the lower consumption, the service life of LEDs are longer. From this point on, a comparison between the two lighting models would be a way of demonstrating that in addition to ecological collaboration, the exchange has great economic viability. Even requiring a higher initial investment, these costs are paid and become compensatory throughout their use. This is the main purpose of the study. The place chosen for the comparison was a higher education institution which emphasizes the environments most used by the students. A survey of the college's working time was done, after establishing the method to be used for the calculations, we achieve the result, which brings the following results: fluorescent lamps have a lower purchase cost of more than 50% of the cost of LED lamps, however their lifetime is about seven times shorter than the life of LED lamps, this generates a higher maintenance, which already makes the LED method more advantageous. In addition, LED lamp consumption is half that of fluorescent, resulting in a 50% cheaper energy bill than fluorescent lighting.

**Keywords:** Energy Consumption, Energy Efficiency, Light Source, Sustainable Parameters.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Evolução do número de publicações feitas de 1945 a 2000 comparada ao ano de 2000 ao ano de 2000 a 2018, contendo o termo eficiência energética por tópico e por título....	1
<b>Figura 2</b> - Evolução do número de publicações nos últimos 18 anos, por buscas a cada três anos, com o termo eficiência energética, tanto por tópicos como por título. ....	2
<b>Figura 3</b> - Definição da altura útil. ....	11
<b>Figura 4</b> - Planta baixa do pavimento térreo, que compreende nove salas de aulas, dois banheiros e parte da biblioteca.....	14
<b>Figura 5</b> - Planta baixa do primeiro pavimento, parte da biblioteca destinada à área de estudos.....	14
<b>Figura 6</b> - Planta baixa do segundo pavimento, que compreende as coordenações de agronomia, enfermagem, engenharia mecânica, uma sala de professores e dois banheiros.....	14
<b>Figura 7</b> - Luminária Abalux A628.....	15
<b>Figura 8</b> - Lâmpada Led Tubular Lenharo.. ....	15
<b>Figura 9</b> - Lâmpada fluorescente Tubular Taschibra.. ....	16
<b>Figura 10</b> - Custos totais em reais com instalação, incluindo mão de obra, valor das luminárias e das lâmpadas.....	19
<b>Figura 11</b> - Consumo em kWh diários para cinco horas de funcionamento por ambiente.....	20
<b>Figura 12</b> - Custos totais com manutenção em reais acumulados ao longo de 10 anos, incluindo trocas de lâmpadas, mão de obra e consumo energético.....	22

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Publicações sobre eficiência energética nos 20 países que mais publicaram sobre o assunto nos últimos 20 anos. ....	3
<b>Tabela 2</b> - Descrição das luminárias, das lâmpadas fluorescentes e de LED.....	16
<b>Tabela 3</b> - Tabela para determinação do Fator de Utilização.....	17
<b>Tabela 4</b> - Tabela para determinação do Fator de Perda.....	17
<b>Tabela 5</b> - Gastos com instalação do conjunto Luminária/Lâmpada.....	18
<b>Tabela 6</b> - Tabela de consumo em kWh diários na instituição de ensino com funcionamento de cinco horas por dia.....	20
<b>Tabela 7</b> - Custos totais com manutenção acumulados ao longo de 10 anos.....	22

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ISO – *International Organization for Standardization.*

FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia

LED– *Light Emitting Diode*

SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$S$  – Área do recinto ( $m^2$ )

$u$  – Coeficiente de utilização ou fator de utilização

$c$  – Comprimento do local ( $m$ )

$h$  – Distância entre a fonte de luz e o plano de trabalho ( $m$ )

$e$  – Fator de depreciação ou de manutenção

$E$  – Iluminância ( $lm$ )

$E_m$  – Iluminância mantida ( $lx$ )

$k$  – Índice do Local

$e$  – Fator de depreciação ou de manutenção

$\phi$  – Fluxo luminoso ( $lm$ )

$l$  – Largura do local ( $m$ )

**Sumário**

<b>RESUMO.....</b>	<b>i</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Objetivo Geral.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO .....</b>	<b>8</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 ESCOLHA E ESPECIFICAÇÕES DAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO .....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>26</b>

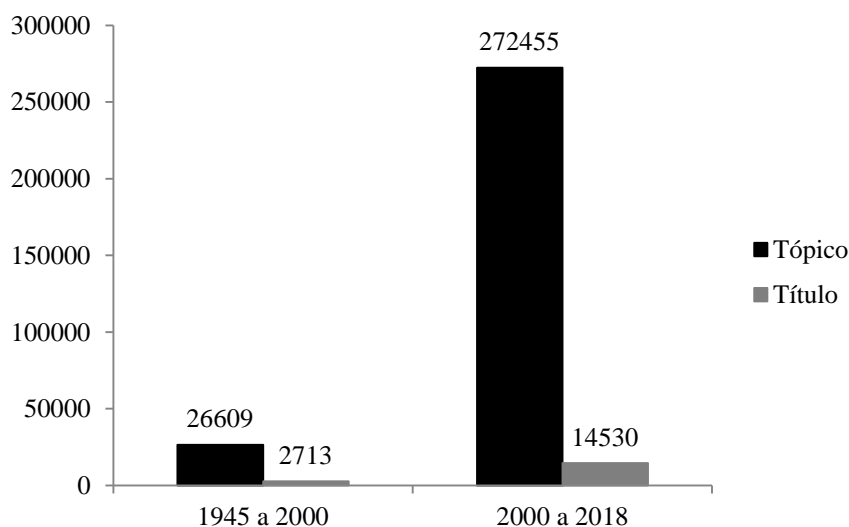
## 1 INTRODUÇÃO

As transformações ambientais nos últimos anos estão associadas ao consumo indevido dos recursos naturais. A antropização gerou resíduos que precisarão de muitos anos para se decompor. Essa problemática fomentou discussões sobre o conceito conhecido como sustentabilidade. Com esse crescimento e relevância, percebeu-se a necessidade de alguma mudança na forma de desenvolvimento, que precisaria estar ligado à sustentabilidade ambiental. Com esse intuito, o setor energético ganha grande importância nessa discussão, uma vez que é um dos maiores poluidores do meio ambiente (MENKES, 2014).

A utilização sustentável dos recursos energéticos está associada diretamente com o conceito de eficiência energética. A energia elétrica que é disponibilizada para os consumidores é obtida por meio da transformação de uma determinada matéria prima em energia. É importante ressaltar que o preço pago e a qualidade do serviço é prioridade para o consumidor. Assim, é necessário conciliar sustentabilidade, economia e qualidade (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

Com o intuito de ilustrar e discutir o crescente interesse da comunidade científica pelos temas que envolvem eficiência energética fizemos uma análise cienciométrica da quantidade de publicação científica indexada na base de dados *Web of Science*. O resultado pode ser visto na Figura 1.

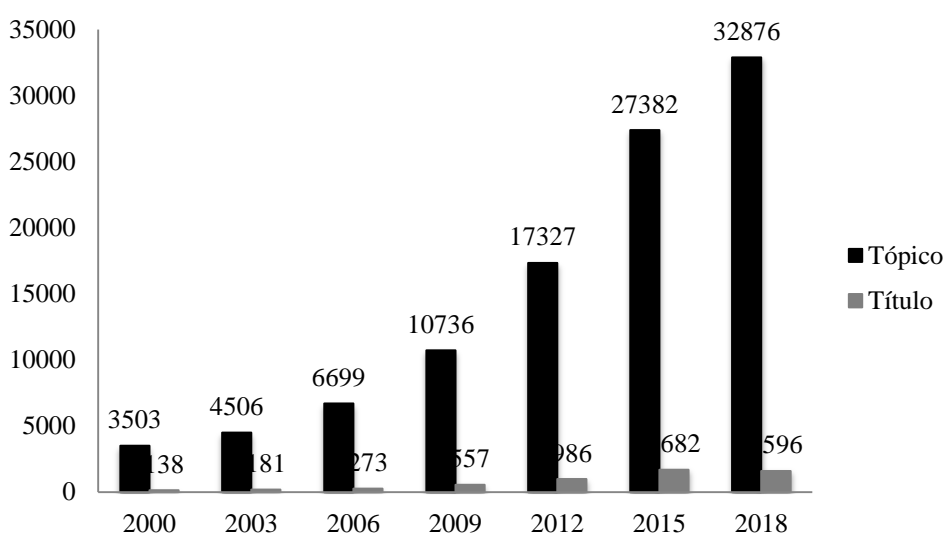
**Figura I** – Evolução do número de publicações feitas de 1945 a 2000 compara ao ano de 2000 a 2018, contendo o termo eficiência energética em uma busca feita por tópicos e por título.



FONTE: Elaborada pelo autor.

Ao analisar os artigos sobre eficiência energética da base de dados *Web of Science*, é possível concluir que o interesse pelo tema de estudo aumentou a partir do ano 2000, como podemos observar na Figura 1. A busca por tópico teve um aumento significativo em relação à pesquisa por título, já que os tópicos relacionam todos os assuntos que citam a palavra em questão e os títulos se restringem aos trabalhos estritamente relativos ao tema.

**Figura 2** – Evolução do número de publicações nos últimos 18 anos, por buscas a cada três anos, com o termo eficiência energética tanto por tópico, como por título.



FONTE: Elaborada pelo autor.

Levando em consideração os dados da Figura 1, que indicam que o tema eficiência energética teve se destacou a partir dos anos 2000, é possível observar que houve um crescimento gradativo no índice de interesse pelo assunto até 2018 (Figura 2). Isso demonstra a relevância do tema em um panorama atual e nos motiva a dar continuidade ao trabalho.

Analisando os dados retirados da base de dados *Web of Science*, que constam na Tabela 1, podemos observar que a China e os EUA lideraram o ranking de publicações sobre eficiência energética nos últimos anos. Esse fato se justifica, em parte, pela quantidade de pessoas trabalhando em pesquisa científica nos referidos países, e pelo alto investimento governamental nesse setor. É possível afirmar que, baseado na nossa análise e na literatura, China e EUA são grandes desenvolvedores de tecnologias que visam melhorar a eficiência energética (ROMEIRO, 2012).

**Tabela 1** – Publicações sobre eficiência energética nos 20 países que mais publicaram sobre o assunto nos últimos 20 anos.

<b>Países</b>	<b>Número de publicações</b>
China	2.971
Estados Unidos	2.737
Alemanha	890
Inglaterra	843
Itália	666
Coréia do Sul	572
Índia	504
Japão	480
Espanha	478
França	456
Canadá	445
Rússia	402
Suécia	374
Austrália	373
Brasil	356
Países Baixos	285
Perú	260
Taiwan	243
Polónia	237
Irã	208

FONTE: Elaborada pelo autor.

Um equipamento eficiente e de fácil acesso que está cada vez mais presente no cotidiano é o LED. Esses dispositivos são capazes de transformar energia elétrica em luz e são empregados na fabricação de telas de televisores, de celulares e de lâmpadas. As lâmpadas feitas a partir da tecnologia LED são consideradas mais eficientes que as lâmpadas fluorescentes por apresentarem maior durabilidade, serem mais econômicas e mais sustentáveis, o que justifica e compensa o valor maior para sua aquisição em relação às demais. Assim, incentivar a substituição da iluminação fluorescente por LED pode ser uma excelente alternativa para contribuirmos com a economia de energia no mundo, levando em conta todos os esforços feitos no sentido de uma utilização energética mais eficiente. (SANTOS et al., 2015).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Este estudo busca incentivar o uso sustentável de energia elétrica, salientando aspectos econômicos e impactos ambientais. Trabalhar a temática da eficiência energética, tão presente



no cenário atual e tão importante no contexto socioeconômico, é fundamental para garantir às futuras gerações o acesso aos recursos naturais do nosso planeta.

Utilizar equipamentos que promovam um menor gasto de energia elétrica é um dos primeiros passos nessa caminhada. Especialmente quando os equipamentos mais eficientes têm maior vida útil e menor necessidade de manutenções. Apesar dos custos de implantação ser relativamente maiores, os benefícios em longo prazo torna o investimento interessante.

Demonstrar a viabilidade financeira da substituição das lâmpadas traz ganho significativo para o local onde se realizará o estudo, ressaltando que quanto maior o ambiente, maior o consumo e mais significativa será essa economia. Nesse contexto benefícios econômicos e ambientais se agregam (RUFINO; SIQUEIRA; ARAÚJO, 2014).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Demonstrar a viabilidade econômica aliada à sustentabilidade no uso da tecnologia de LED, por meio de um comparativo entre dois modelos de iluminação para interior em uma instituição de ensino superior, buscando diminuir o consumo sem prejudicar o desempenho, fazendo alterações que não incidam na mudança da estrutura física do local.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Fazer um estudo comparativo entre o uso de lâmpadas fluorescentes e LED;
- Demonstrar as vantagens econômicas e ambientais da utilização de lâmpadas de LED em uma instituição de ensino superior;
- Calcular o custo de instalação, manutenção e utilização dos modelos supracitados;
- Fazer uma projeção dos gastos com eletricidade ao longo de 10 anos, para justificar o investimento inicial.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O consumo de energia elétrica influencia não só a população em si, mas também na economia dos países. Sendo assim a preocupação ambiental, associada a baixos custos, pode assumir papel de destaque no cenário mundial. Essa questão é ambígua e gera desafio e oportunidade, pois quanto maior o desenvolvimento de um país, maior a demanda de energia, sendo necessária a conciliação com a sustentabilidade e a oportunidade no sentido de desenvolver metodologias que usem recursos naturais não poluentes como fontes de energia. Para obtenção do progresso é necessária uma mobilização maior, quase que unânime, pois requer tecnologia, gestão, inovação, recursos, investimentos, seguidos de uma série de coisas que possibilitem o sucesso em um modelo econômico de energia sustentável (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

O desenvolvimento industrial assim como a expansão demográfica contribuiu significativamente para o aumento do consumo de energia elétrica. As consequências da evolução tecnológica, dentre muitos fatores, tem ligação direta com a demanda energética. A modernidade tem a eletricidade como principal forma de alimentação. Entre 1970 e 2000 a demanda de energia aproximou-se de triplicar, enquanto o aumento populacional era bem menor quando comparado a esse consumo (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

Em comparação com outros países o Brasil encontra-se em uma situação privilegiada no que diz respeito a recursos energéticos. É importante ressaltar que contamos com uma reserva grande de fontes renováveis de energia, sendo a hidroeletricidade a prioridade brasileira, graças ao grande potencial hídrico que o país tem, o que dá ao Brasil a vantagem de ser praticamente autossuficiente, no que diz respeito a energia elétrica (FILHO, 2009).

O histórico energético brasileiro contou com marcos que favoreceram a evolução do setor, como exemplo pode citar o Ciclo do Planejamento Energético Integrado, que são estudos baseados em análises e planos de desenvolvimento para o setor energético, com o intuito de encontrar potenciais energéticos, acompanhados de como os desenvolver e quanto custará (SANTOS; SOUZA, 2011).

De acordo com o ministério de minas e energia, ainda há cerca de 20 milhões de pessoas que moram na zona rural e não tem acesso à energia elétrica, esse é apenas um dos parâmetros que mostram que ainda é necessário melhorar a distribuição energética no Brasil, podemos citar também o período entre 2001 e 2002, onde houve racionamento de energia em todo o país. Desde então nota-se uma maior preocupação nessa área por parte das agências de regulação e fornecimento (SCHMIDT; LIMA, 2004).

A qualidade da energia elétrica é um termo que define a melhor forma da utilização energética pelos consumidores. É evidente que quanto menor o custo com qualidade, melhor a satisfação do consumidor. Dentro desse contexto, as operadoras de sistemas elétricos tem um papel fundamental, tanto na distribuição quanto no sentido de manter a população ciente de qualquer evento que interfira na qualidade do serviço elétrico, pois a má qualidade do mesmo pode resultar no mau funcionamento ou até mesmo na perda de equipamentos que utilizam fonte de energia (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Diante de tantos impactos que o meio ambiente sofre em função da evolução humana, damos ênfase para os que têm ligação direta com a produção de energia elétrica, pois eles, em alguns casos, degradam ou interferem no aspecto natural do meio ambiente, como é o caso de algumas centrais energéticas movidas a combustíveis fósseis presentes em algumas partes do mundo. Esse tipo de geração de energia é antigo e visa somente o lucro. É importante conscientizar a população mundial da necessidade de aderir às fontes energéticas não degradáveis (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

Uma fonte de energia não renovável é a produzida por usinas nucleares, através de gases, apesar de ter um controle altíssimo a respeito da segurança, ainda sim pode oferecer riscos, alguns países desenvolvidos tem uma porcentagem maior de usinas nucleares destinadas a produção de energia elétrica (GONÇALVES; ALMEIDA, 2005).

Quando o assunto é energia hidráulica o Brasil tem uma vantagem em relação aos demais países, pela grande disponibilidade hídrica que possuímos. Sendo uma fonte renovável, não é tão prejudicial ao meio como as não renováveis, porém tem um certo impacto a natureza, pois é necessário uma modificação logo de início para a implantação de uma hidrelétrica, mudanças hidrológicas são essenciais (SILVA; CARVALHO, 2002).

Eficiência energética tem o intuito de diminuir o consumo de energia, sem prejudicar a funcionalidade, ou seja, é o uso inteligente da mesma. Isso é possível, de acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), se basearmos em três etapas, que consiste em fazer o levantamento nas unidades consumidoras abordando os pontos desfavoráveis nas mesmas; seguido da identificação das causas do desperdício e por fim a sugestão de soluções que visam economia de energia sem interferir no desempenho (FERREIRA, 2017).

Uma forma de reduzir o consumo de energia comum é a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, que além de ter um consumo energético inferior, dura bem mais que a fluorescente evitando trocas consecutivas. Ambos os aspectos são favoráveis ao meio ambiente conciliados com economia financeira, graças a isso pode compensar o custo

elevado em comparação com as convencionais, pois a economia ao longo da vida útil supera os custos de implantação (SANTOS et al., 2015).

Uma das maiores desvantagens das lâmpadas fluorescentes em relação à de LED é o baixo fator de potência, que pede uma maior geração de energia e conseqüentemente tumultuam os sistemas de transmissão e distribuição. Em questão de vida útil as lâmpadas fluorescentes tem duração 60% menor em relação às de LED (VALENTIM, 2010).

É preciso conscientizar a sociedade atual da importância da substituição das lâmpadas convencionais por LED, justificando não só com a preservação ambiental, mas também com o custo benefício. Um fator interessante que pode ser citado com base em estudos é que a lâmpada de LED contribuiu para o melhor funcionamento dos aparelhos de ar condicionado, pois quando se consome menor potência na lâmpada, ela emite menos calor ao ambiente, deixando-o mais fresco, ajudando no desempenho do ar condicionado. Com o avanço dos estudos, com o intuito de diminuir o custo inicial, pode popularizar o uso de lâmpadas de LED (BLEY, 2012).

Uma das mais fortes características das lâmpadas fluorescentes é a presença de mercúrio, o que colabora para torná-las poluidoras. O principal fator que define nesse caso o mercúrio como vilão é o descarte inadequado das lâmpadas, levando em consideração é claro a quantidade, em larga escala a presença do mercúrio na natureza causa contaminação do meio. Sendo assim melhor prevenir, já que os custos de uma descontaminação são consideravelmente altos (JÚNIOR; WINDMÖLLER, 2008).

Inventados em 1960, o LED é um tipo de diodo emissor de luz, com dimensões pequenas variando de 0,5 a 1 cm de diâmetro, formado por componentes eletrônicos semicondutores com a capacidade de transformar energia em luz, termo definido como eletroluminescência. As lâmpadas de led trazem inúmeros benefícios em relação à lâmpada incandescente, convertendo 40% de energia elétrica em luz, isso acarreta em um menor desperdício de energia. A evolução do led já passou por várias etapas, inicialmente era adotado somente para sinalização, como por exemplo, indicar se um aparelho está ligado ou não, isso porque sua emissão de luz era restrita. Depois do desenvolvimento em pesquisas, em 1990 foi criado o led azul conciliado ao fósforo, gerando a luz branca, assim foi possível aderir às iluminações a partir de led. A partir disso, essa tecnologia foi aprimorada, visando maior eficiência do método (CAMPOS; SANTOS; ROBERTO, 2012).

Os cálculos para custos de lâmpadas de LED e lâmpadas fluorescentes se diferem no seguinte quesito: as lâmpadas de LED são mais caras para aquisição, ou seja, seu custo inicial é superior aos das lâmpadas comuns, porém sua vida útil longa e custo de manutenção baixo resultam em um custo de operação menor. Uma breve análise da literatura nos permite afirmar que a lâmpada de LED compensa mais em relação à fluorescente. Podemos justificar os custos operacionais mais baixos, com o fato de que os LED's não desgastam na hora de ligar e desligar, pois tem partida instantânea, além da resistência à vibração, tem luz direcionada, com uma eficiência luminosa entre 30 e 80 lm/w (FREITAS, 2010).

A iluminação de interiores é definida pela norma NBR-5413, pela qual deve-se adotar uma altura de plano de trabalho, caso essa seja desconhecida utilizar a estabelecida pela norma de 0,75 metros do piso. Contando que a forma de iluminação seja direta para interiores essa mesma norma estabelece o método para o cálculo luminotécnico dos ambientes, que varia de acordo com a Iluminância específica para cada cômodo de acordo com sua função (GUERRINI, 2008).

## 2.1 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

A norma vigente NBR ISO/CIE 8995-1:2013 define quais as variáveis devem ser consideradas para calcularmos o número de lâmpadas necessárias a cada ambiente. O cálculo luminotécnico tem o intuito de definir a quantidade assim como a potência dos pontos de iluminação de um espaço. Esses cálculos são regidos por normas, tais como: NBR 8995-1 que como já foi citada acima, define a quantidade média da iluminação artificial para interiores de locais destinados a comércio, indústria, ensino, esportes entre outras nessa mesma linha; outra norma que deve ser mencionada é a NBR 5461 destinada à terminologia ligada à iluminação no geral (MACINTYRE; NISKIER, 2011).

Para calcular a quantidade de lâmpadas necessária a cada ambiente analisado é preciso levar em conta a função do local, as suas dimensões, qual será o tipo de atividade operacional no ambiente e quando tempo de exposição de luz artificial. Para isso é necessário tomar por base a norma vigente (ABNT NBR ISO/CIE 8995) e os modelos de lâmpadas escolhidos. A prioridade no dimensionamento do sistema de iluminação é o conforto visual (LIMA; 2011).

Quando relacionada à iluminação, a eficiência energética é medida com a divisão do fluxo luminoso pela potência nominal do ponto de luz, medida em lúmen por watt, podendo

variar em sua maioria, entre 10 lm/w e 120 lm/w. Outro conceito relevante relacionado à iluminação é a iluminância, que é a densidade do fluxo luminoso relacionado à superfície na qual reflete, conforme abordaremos na equação 1, no parágrafo abaixo. A iluminância assume comumente o valor de 0,25 lux em lugares onde a iluminação natural colabora para a iluminação noturna, 750 lux em ambientes fechados e até 1000000 lux em dias com bastante sol. Em função de a iluminância ter uma ligação com a percepção visual humana, quanto ela é muito grande pode ser prejudicial e incômoda à visão. Por esse motivo, além dos cálculos para a quantidade de pontos de luz por ambiente, é necessário dividi-los de forma que cumpram sua função, sem excessos que sejam prejudiciais à visão (MACINTYRE; NISKIER, 2011).

O método dos lúmens será utilizado para estimar a quantidade de lâmpadas necessárias a cada ambiente. Nesse método é necessário que se especifique a Iluminância de cada ambiente através da norma, depois se calcula o fluxo luminoso necessário para o ambiente analisado e então é possível calcular o numero de luminárias necessárias.

A iluminância ( $E$ ) é definida pela razão entre o fluxo luminoso ( $\phi$ ), em lúmens, e a área ( $A$ ) da superfície onde os raios incidem em metros quadrados, conforme a equação:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (1)$$

A unidade de medida de iluminância é o lux. A eficiência luminosa de uma lâmpada é a razão entre os lúmens emitidos pela lâmpada por cada watt consumido. O cálculo do fluxo luminoso é feito a partir do produto da área pela iluminância dividido pelo produto do coeficiente de utilização pelo coeficiente de depreciação ou manutenção e a unidade de medida é o lúmem, conforme a equação:

$$\phi = \frac{S \cdot E_m}{u \cdot d} \quad (2)$$

Onde:

$S$  = área do recinto, em  $m^2$

$E_m$  = iluminância mantida, em luxes.

$u$  = coeficiente de utilização ou fator de utilização.

$d$  = fator de depreciação ou de manutenção.

Ambos os coeficientes são tabelados pelos fabricantes de cada luminária. Para encontrar o coeficiente de utilização é necessário que se encontre o Índice do Local (K), que é feito com base na multiplicação do comprimento do local pela largura do mesmo, em seguida dividido pelo produto da distância entre a fonte de luz e o plano de trabalho, pelo comprimento somado a largura. Esse cálculo varia de acordo com a forma de iluminação, nesse caso utilizamos o método para iluminação direta, que é o mais usual, definido pela norma NBR-5413. Evidenciado na equação:

$$K = \frac{c \cdot l}{h(c+l)}, \quad (3)$$

onde:

$c$  = comprimento do local,

$l$  = largura do local,

$h$  = distância entre a fonte de luz e o plano de trabalho.

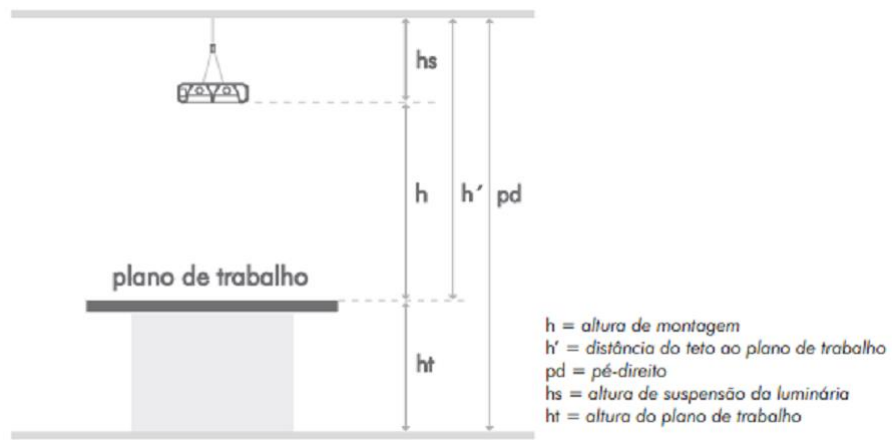
De posse do fluxo luminoso, é possível calcular o número de luminárias necessárias a cada ambiente, pois é só dividir esse valor pelo fluxo individual de cada luminária. O número de luminárias é dado por:

$$n = \frac{\phi}{\varphi} \quad (4)$$

onde  $\varphi$  é o fluxo luminoso de cada luminárias, em lúmens (LIMA; 2011 e CREDER; 2013).

Para o projeto de iluminação, portanto, é importante que se defina inicialmente a área de tarefa, a iluminância mantida, a altura do plano de trabalho, os modelos de lâmpada e luminária que serão utilizados. A iluminância mantida ( $E_m$ ) é o valor especificado em norma abaixo do qual não é conveniente que a iluminância seja reduzida (CREDER; 2013).

**Figura 3** – Definição da altura útil.



FONTE: Ambiente (Itaim, 2008).



### 3 METODOLOGIA

A fim de avaliar a influência da substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED em uma área de uma instituição de ensino, fizemos o dimensionamento da quantidade de lâmpadas necessárias a cada ambiente de acordo com a norma vigente e o levantamento dos custos dessa instalação, bem como a projeção dos gastos com energia ao longo de 10 anos.

Inicialmente definimos a planta da edificação para o qual o projeto luminotécnico foi desenvolvido. A posteriori criamos uma tabela com as especificações técnicas de iluminação para cada ambiente, de acordo com a finalidade do mesmo, com base na norma vigente. A iluminação do ambiente deve ser apropriada à tarefa que será realizada no local. A norma ABNT-NBR8995-1 especifica os valores dos lúmens necessários para cada tarefa a ser desenvolvida. A escolha dos modelos de lâmpadas foi feita especificando modelo, marca, valor, quantidade de lâmpada por luminária, valor da luminária, quantidade de lúmens emitida, potência e vida útil da lâmpada.

Depois foi feita a determinação do coeficiente ou fator de utilização ( $u$ ), apartir do valor de  $K$ , e do fator de depreciação ou de manutenção ( $d$ ). De posse desses valores, fizemos o cálculo da quantidade de lâmpadas e luminárias necessárias ao projeto luminotécnico para cada modelo de lâmpada considerado. Fizemos o levantamento do custo total de instalação e manutenção dos projetos e estimamos o mais vantajoso economicamente.

Com relação ao custo destinado ao sistema de iluminação, esse cálculo é composto de custos iniciais, que englobam o número de lâmpadas em função do tipo de luminárias e demais acessórios para a instalação também inclui a mão de obra, além desses custos contamos com os operacionais, que é relativo ao custo de manutenção no geral e o gasto que as lâmpadas geraram com energia elétrica. A soma dos custos desses fatores resulta no custo total (LIMA; 2011).

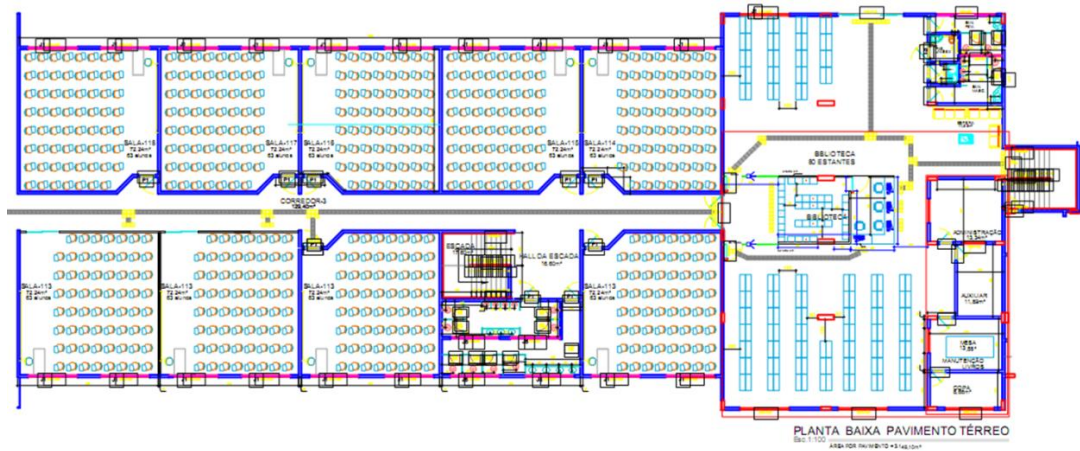
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Inicialmente foi escolhido um local para a realização do estudo, que consiste em um comparativo, com o intuito de comprovar a viabilidade da troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED. O ambiente escolhido foi uma faculdade de ensino superior e o espaço escolhido para estudo compreende nove salas de aulas, uma biblioteca que ocupa dois pavimentos do prédio, a área de estantes e ambientes para bibliotecárias localizados no térreo e a área para estudos localizados no primeiro pavimento, além de uma coordenação e uma sala de professores localizada no segundo pavimento, que seguem, respectivamente, nas figuras 3, 4 e 5 as plantas baixas de cada pavimento dos ambientes citados, inspirados na planta da Faculdade Evangélica de Goianésia.

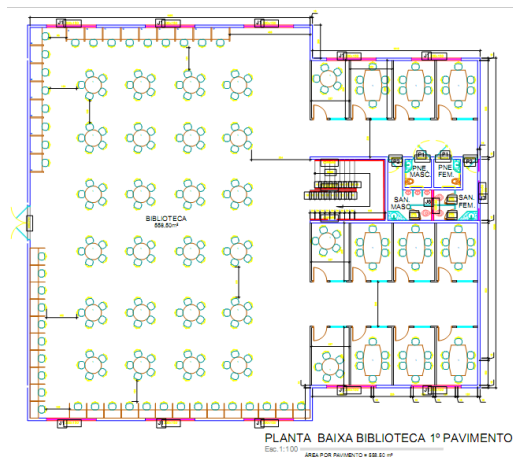
Conforme pode ser observado na Figura 3, a biblioteca se divide em áreas de estantes, áreas para estudo e área destinada ao trabalho das bibliotecárias. A Norma ABNT-NBR8995-1 especifica iluminâncias médias distintas para cada uma das funções a serem realizadas no ambiente, por esse motivo o cômodo da biblioteca térreo teve que ser dividido em 3 partes para a realização dos cálculos do número de lâmpadas, conforme pode ser verificado no ANEXO 1 desse documento. Nesse pavimento existem 9 salas de aula, 2 banheiros e os corredores. Cada sala de aula deve conter 15 luminárias e 30 lâmpadas. Todos os cálculos do número de lâmpadas por ambiente estão descritos no ANEXO1. Na Figura 4 temos mais um pavimento de biblioteca destinado apenas a atividades de estudo. Na Figura 5 observamos o pavimento das coordenações de curso.

**Figura 4** – Planta baixa do pavimento térreo, que compreende nove salas de aulas, dois banheiros e parte da biblioteca.



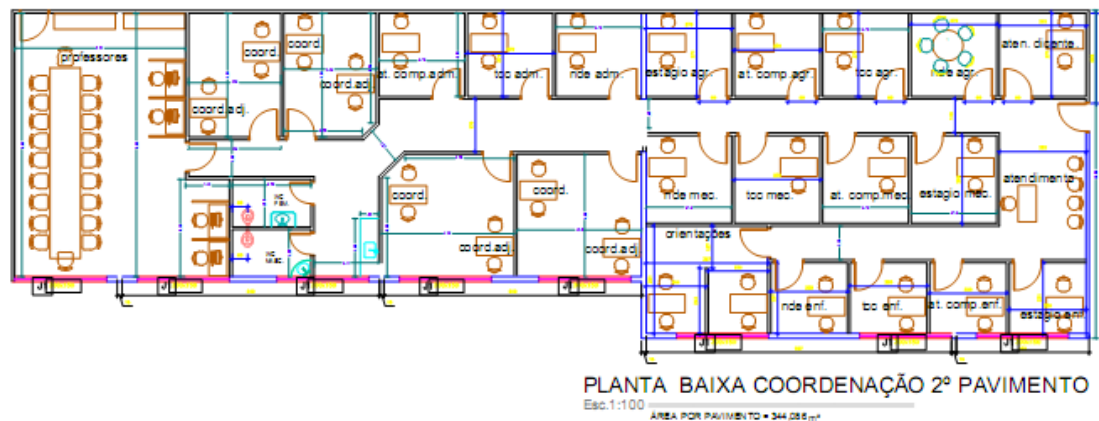
FONTE: TAVARES (2012)

**Figura 5** – Planta baixa do primeiro pavimento, parte da biblioteca destinada à área de estudos.



FONTE: TAVARES (2012)

**Figura 6** – Planta baixa do segundo pavimento, que compreende as coordenações de agronomia, enfermagem, engenharia mecânica, uma sala de professores e dois banheiros.



FONTE: TAVARES (2012)

## 4.2 ESCOLHA E ESPECIFICAÇÕES DAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS

Depois de escolhido o local, escolhemos o modelo de luminária e de ambas as lâmpadas utilizadas no projeto, para a escolha foram feitos 3 orçamentos nas lojas da cidade para cada modelo de lâmpada e para a luminária, com base no melhor custo benefício. A luminária escolhida foi o modelo A628, da Abalux, com capacidade de fluxo luminoso de 4700 Lm, adequada aos dois tipos de lâmpadas desde que seja modelo T8, com o valor orçado de R\$161,18. Essa luminária foi escolhida com base no melhor custo benefício. Segue então para a escolha das lâmpadas. Para efeito de comparação foi utilizada lâmpadas com a mesma luminosidade, tanto o modelo fluorescente, quanto o de LED. Ambas têm 2300 Lm, ressaltando que cada luminária tem capacidade para duas lâmpadas. A lâmpada de LED escolhida foi um modelo tubular, padrão T8, com potência de consumo de 18 W, da marca Lenharo, com vida útil de cinco anos, com valor estipulado de R\$ 77,45. Já a lâmpada fluorescente utilizada foi um modelo tubular da Taschibra, com potência de consumo de 36 W, padrão T8, com vida útil de 250 dias, com valor orçado de R\$ 22,29.

As lâmpadas escolhidas foram os modelos apresentados na figura 3 e na figura 4.

**Figura 7** – Luminária Abalux A628.



FONTE: Ficha técnica Abalux modelo A628, 2017.

**Figura 8** – Lâmpada Led Tubular Lenharo.



FONTE: Catálogo Lenharo.

**Figura 9** – Lâmpada fluorescente Tubular Taschibra.

FONTE: Catálogo Taschibra.

Os valores foram expressos na tabela 2 e na figura 6 por meio do gráfico para o melhor acompanhamento visual do comparativo entre o valor de aquisição das lâmpadas.

**Tabela 2** – Descrição das luminárias, das lâmpadas fluorescentes e de LED.

	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Fluxo luminoso (Lm)</b>	<b>Potencia de consumo (W)</b>	<b>Vida útil (dias)</b>
<b>Luminária</b>	161,18	4.700	18 - 40	3.650
<b>Lâmpada fluorescente</b>	22,29	2.300	36	250
<b>Lâmpada de LED</b>	77,45	2.300	18	1.825

FONTE: Elaborada pelo autor.

### 4.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Em seguida dá-se início aos cálculos, começando pela determinação do índice local (K), conforme a equação 3. Com o valor de (K) definido para cada ambiente, é feita a determinação dos fatores de utilização ( $u$ ), que é feito relacionando o valor de (K) com a cor do teto, paredes e chão; e depreciação ou perda ( $d$ ), esses valores são oferecidos pelos fabricantes das luminárias, expressos nas tabelas 3 e 4 respectivamente.

**Tabela 3** – Tabela para determinação do Fator de Utilização.

Teto (%)	70			50			30			0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20			20			20			0
RCR	<b>Fator de Utilização (%)</b>									
0	84	84	84	80	80	80	76	76	76	72
1	76	74	73	73	72	70	71	69	68	65
2	69	66	63	67	64	62	65	62	60	58
3	63	59	55	61	57	54	59	56	53	51
4	57	53	49	56	51	48	54	50	48	46
5	52	47	44	51	46	43	50	46	43	41
6	48	43	39	47	42	39	46	42	38	37
7	44	39	35	43	38	35	42	38	35	33
8	41	36	32	40	35	32	39	35	32	30
9	38	33	29	37	32	29	36	32	29	28
10	35	30	27	34	30	27	34	30	27	26

FONTE: Ficha tecnica Abalux modelo A628, 2017.

**Tabela 4** – Tabela para determinação do Fator de Perda.

Fluxo	4.700 lm			
Iluminância	300 lx		500 lx	
Pé direito	2,5 m	3,0 m	2,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
10 m <sup>2</sup>	1,5	1,7	2,5	2,8
20 m <sup>2</sup>	2,6	2,9	4,3	4,8
30 m <sup>2</sup>	3,6	3,9	6,0	6,6
40 m <sup>2</sup>	4,6	5,0	7,7	8,3
50 m <sup>2</sup>	5,6	6,0	9,4	10,0

AMBIENTE COM TETO E PAREDE CLARO, CHÃO ESCURO;  
FATOR DE PERDA 0,85;  
PLANO DE TRABALHO 0,80.

FONTE: Ficha tecnica Abalux modelo A628, 2017.

Estabelecidos os valores de ( $u$ ) e ( $d$ ) para cada ambiente de acordo com o fabricante, o passo seguinte é o cálculo do fluxo luminoso dado em lumens, que consiste no produto da iluminância pela área do ambiente, dividido pela multiplicação dos fatores de utilização e perda, conforme especificado na equação 2. A iluminância é dada em lux e é estabelecida pela norma ABNT-NBR 8995-1/2013, que rege os valores de iluminâncias médias mínimas para cada ambiente de acordo com a atividade realizada no mesmo. Vale lembrar que a área do ambiente é dada em  $m^2$  e os fatores de perdas e utilização são adimensionais.

De posse do fluxo luminoso relativo a cada ambiente estudado em questão, o próximo cálculo a ser feito é o da quantidade de luminárias necessárias a cada ambiente que é determinado pela divisão do fluxo luminoso total, já calculado anteriormente, pelo fluxo

luminoso relativo de cada lâmpada, conforme especificado na equação 4. Nesse caso cada luminária tem capacidade para duas lâmpadas, ambas de 2300 lúmens, tanto as lâmpadas fluorescentes, quanto as de LED adotadas possuem a mesma quantidade de lúmens propositalmente, para efeito de comparação na quantidade de economia de consumo de cada uma. Sendo assim, o fluxo luminoso relativo da lâmpada é multiplicado por dois de acordo com a capacidade da luminária em questão, resultando assim em 4600 lúmens por luminária.

Até então os dados adotados para as duas lâmpadas, tanto fluorescentes, quanto de LED são os mesmos. Depois de finalizado o cálculo da quantidade do conjunto luminária/lâmpada destinada a cada ambiente, é possível estimar os gastos com a instalação inicial dos dois modelos de lâmpadas, expressos na tabela 5, essa estimativa compreende três gastos principais, são eles: valor para aquisição das lâmpadas, valor das luminárias e custo com mão de obra. O valor da mão de obra para implantação do sistema, tanto para lâmpadas fluorescentes quanto para as de LED, é de R\$ 900,00, estimado por um profissional da área, escolhido pelo menor valor entre 3 orçamentos, com tempo de duração médio de 30 dias, os valores de serviço estão de acordo com o custo proposto pela tabela da SINAPI. Sendo assim, a soma desses três fatores determina os custos totais de implantação dos dois sistemas,

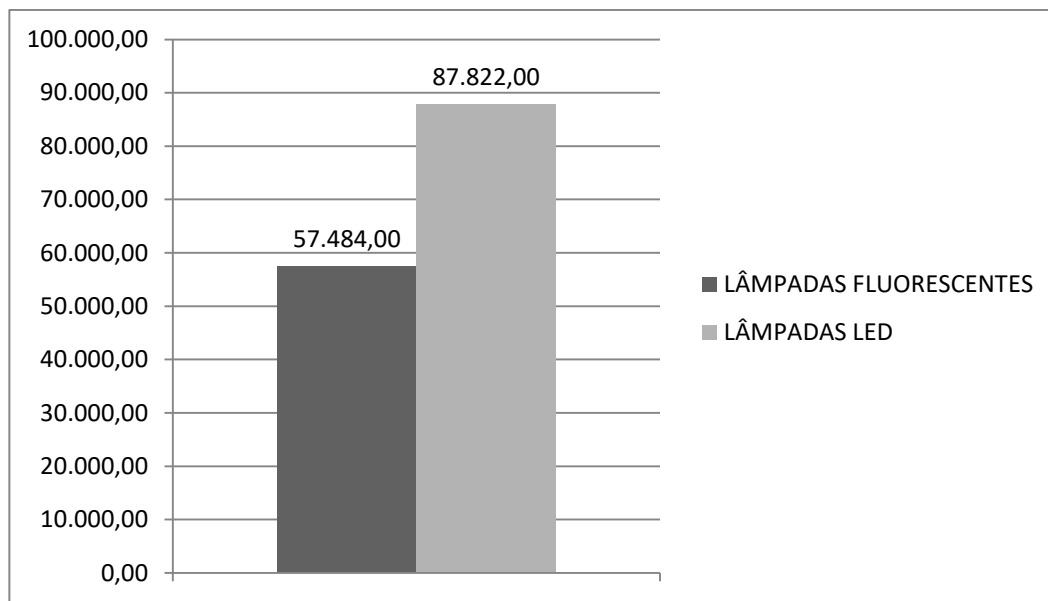
**Tabela 5** – Gastos com instalação do conjunto Luminária/Lâmpada.

	Nº LÂMPADA S	Nº LUMINÁRI A	VALOR TOTAL LÂMPADA S (R\$)	VALOR TOTAL LUMINÁRI AS (R\$)	VALOR MÃO DE OBRA (R\$)	TOTAL INSTALAÇÃO O (R\$)
<b>LÂMPADAS FLUORESCENT ES</b>	550	275	12.259,50	44.324,50	900,00	57.484,00
<b>LÂMPADAS LED</b>	550	275	42.597,50	44.324,50	900,00	87.822,00

FONTE: Elaborada pelo autor.

De acordo com o valor de instalação total dos dois modelos de lâmpadas, expressos pelo gráfico da figura 6, a aquisição inicial da lâmpada fluorescente é bem mais acessível em termos financeiros que a de LED.

**Figura 10** – Custos totais com instalação, incluindo mão de obra, valor das luminárias e das lâmpadas.



FONTE: Elaborada pelo autor.

A diferença entre o custo de instalação de lâmpadas LED e fluorescente é de R\$ 30338,00. Ou seja, instalar todas as lâmpadas com tecnologia LED sai em torno de 30 mil reais mais caro que implantar um sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes. Essa diferença de valores iniciais faz com que muitos investidores prefiram utilizar as lâmpadas fluorescentes, mesmo sabendo que seu consumo é maior.

Após a definição da quantidade de lâmpadas, dá-se início aos cálculos das potências de cada modelo, sendo possível dessa forma analisar a economia no consumo da lâmpada de LED em relação à lâmpada fluorescente. O cálculo foi feito por meio da multiplicação da quantidade da potência de consumo individual de cada lâmpada por dois, já que cada luminária tem capacidade para duas lâmpadas, no caso das lâmpadas de LED o consumo é de 18 watts, já as fluorescentes são 36 watts. Depois de encontrado o valor correspondente a cada luminária, tanto para LED's como para fluorescentes, esse resultado deve ser multiplicado pela quantidade de luminárias que cada ambiente necessita, assim encontraremos o consumo de cada cômodo por hora. Considerando que o funcionamento da instituição de ensino é de cinco horas por dia, relatadas informalmente por funcionários da mesma, o valor do consumo por hora encontrado deve ser multiplicado por cinco, desta forma obtemos o valor de consumo diário por ambiente. Segue em anexo todo o detalhamento dos cálculos, para uma análise detalhada segue a tabela 6 com os dados do consumo diário por kWh relacionados



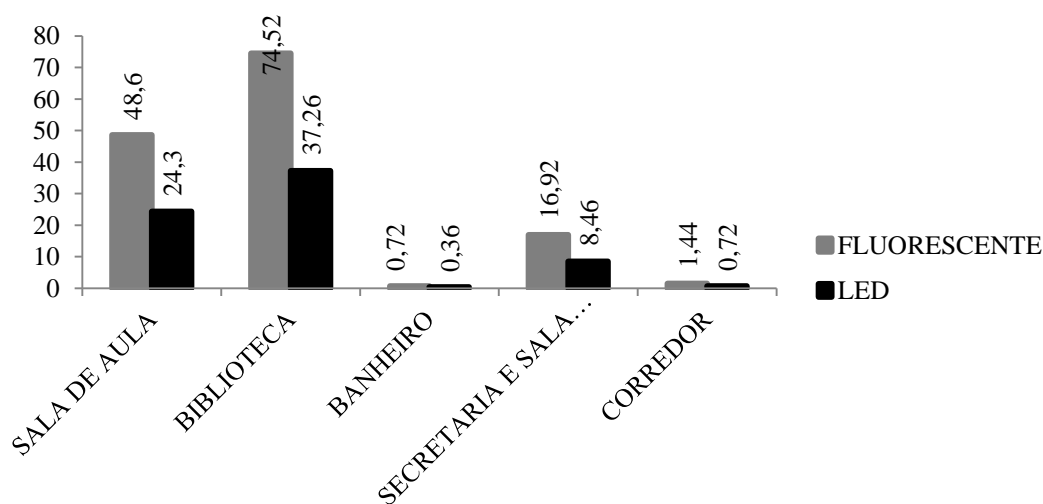
com o índice local, fluxo luminoso e quantidade de luminárias e lâmpadas em cada ambiente da instituição, acompanhada do gráfico para uma melhor compreensão visual.

**Tabela 6** – Consumo em kWh diários na instituição de ensino com funcionamento de cinco horas por dia.

	<b>Iluminância Média (lx)</b>	<b>Índice Local</b>	<b>Fluxo Luminoso</b>	<b>Nº Luminárias</b>	<b>Nº Lâmpadas</b>	<b>Potência Lâmp. FLUORESCENTE x tempo de uso (KWH)</b>	<b>Potência Lâmp. LED x tempo de uso (KWH)</b>
<b>Salas de Aula</b>	500	2,12	67.450,98	135	270	48,6	24,3
<b>Biblioteca</b>	500	13,61	947.159,48	207	414	74,52	37,26
<b>Banheiro</b>	200	0,826	4.882,35	02	04	0,72	0,36
<b>Secretaria e Sala dos Professores</b>	300	3,54	213.056,35	47	94	16,92	8,46
<b>Corredor</b>	100	2,09	17.567,13	04	08	1,44	0,72
<b>TOTAL:</b>	-	-	-	<b>275</b>	<b>550</b>	<b>142,2</b>	<b>71,1</b>

FONTE: Elaborada pelo autor.

**Figura 11** – Consumo em kWh diários para cinco horas de funcionamento por ambiente.



FONTE: Elaborada pelo autor.

O objetivo inicial é a estimativa dos gastos com manutenção e consumo de energia elétrica por 10 anos, levando em consideração os custos com mão de obra e material. O

comparativo tem como pilar dois aspectos principais, são eles: os custos totais para instalação inicial dos dois tipos de lâmpadas e o custo para manutenção e funcionamento das mesmas ao longo de 10 anos, sendo possível assim a conclusão do qual será mais viável financeiramente, já que ecologicamente a lâmpada de led sobressai.

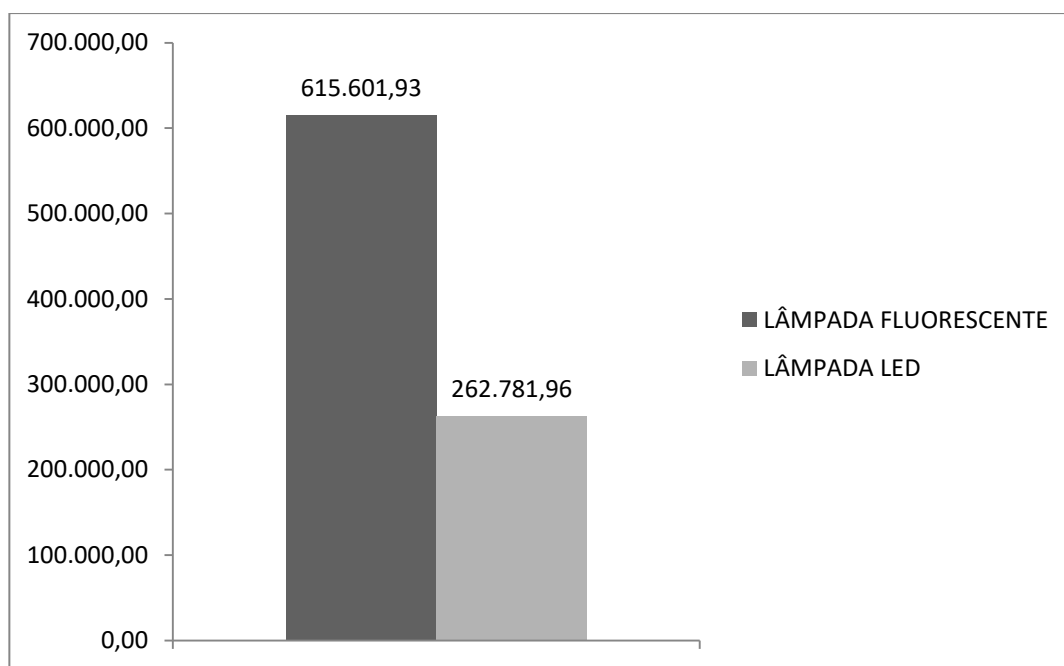
Ao longo de 10 anos, levando em conta a vida útil e desconsiderando a primeira instalação, as lâmpadas de led necessitam de uma manutenção nesse intervalo de tempo e outra, também desconsiderada, ao final dos 10 anos, já as fluorescentes são menos duráveis, necessitando de manutenções anuais, até mais de uma vez por ano, totalizando 14 manutenções ao longo de 10 anos, com as mesmas considerações da de LED. Os custos totais ao longo de 10 anos com manutenção, incluindo mão de obra, o valor gasto com energia elétrica e a compra de novas lâmpadas foram dispostos na tabela 7. Os gastos com mão de obra foi estimado por um profissional da área em R\$ 300,00 para a troca de todas as lâmpadas em questão, tanto LED, como fluorescente, ao longo de 10 anos considerando que esse valor não sofra reajustes, realizando as 14 trocas necessárias as lâmpadas fluorescentes, o valor gasto com mão de obra para manutenção ficará em R\$ 4.200,00, no caso das lâmpadas de LED esse valor se resumirá em R\$ 300,00. O valor gasto com a compra de lâmpadas para manutenção é calculado da mesma forma para ambas, multiplica-se o preço total das 550 lâmpadas, diferindo esse valor entre os dois modelos pelo preço de cada uma, pela quantidade de trocas que cada tipo de iluminação precisa. Sendo assim, as lâmpadas de LED assumem o valor de R\$ 42.597,50, com uma troca em uma década e as fluorescentes o valor de R\$ 171.633,00, com 14 trocas durante o mesmo tempo. Com base no valor de kWh fornecido pela distribuidora de energia local ENEL, foi possível estipular o valor a se pagar em dez anos de uso, com base no consumo diário de energia elétrica, segundo a tabela de tarifas, o custo do kWh para a cidade de Goianésia e região é de R\$ 0,847290. Sabendo-se que 10 anos tem 3650 dias, levando em conta os índices de potência diária da tabela 6, é possível calcular o valor a se pagar por esses consumos em dez anos, dados esses também dispostos na tabela 7.

**Tabela 7** – Custos totais com manutenção acumulados ao longo de 10 anos.

	<b>Custo manutenção (Mão de obra) Para 10 anos (R\$)</b>	<b>Custo manutenção (Compra de Lâmpadas) Para 10 anos (R\$)</b>	<b>Custo do kWh em 10 anos (R\$)</b>	<b>Valor total de manutenção nos 10 anos (R\$)</b>
<b>Lâmpada FLUORESCENTE</b>	4.200,00	171.633,00	439.768,93	615.601,93
<b>Lâmpada LED</b>	300,00	42.597,50	219.884,46	262.781,96

FONTE: Elaborada pelo autor.

Acumulando os gastos com manutenção e custos de energia elétrica, chega-se ao valor final, expressos por meio do gráfico da figura 8, sendo possível assim analisar a viabilidade do investimento inicial das lâmpadas de led. Percebemos então que, ao longo dos 10 anos, a utilização de lâmpadas fluorescentes custa quase o dobro do que a utilização de lâmpadas LED. Isso nos mostra que, embora o custo inicial de implantação seja mais oneroso, a utilização de lâmpadas LED é financeiramente muito mais vantajosa.

**Figura 12** – Custos totais com manutenção acumulados ao longo de 10 anos, incluindo trocas de lâmpadas, mão de obra e consumo energético.

FONTE: Elaborada pelo autor.

A economia gerada ao longo de 10 anos com a utilização do sistema de iluminação com lâmpadas LED é de R\$ 352.819,97, descontando o valor inicial de investimento que excede o das fluorescentes de R\$ 30.338,00, ainda assim a iluminação de LED gera um lucro de R\$ 322.481,97.

## 5 CONCLUSÕES

O trabalho tem duas vertentes principais, são elas: a viabilidade econômica e a contribuição ambiental. Partindo do ponto inicial que é a eficiência energética, a lâmpada de LED se tornou uma aliada nesse contexto, economizando 50% mais que as lâmpadas fluorescentes em termos de consumo de energia elétrica, ela concilia os dois aspectos: financeiro e ambiental. Além disso, sua vida útil cerca de sete vezes maior que a lâmpada fluorescente, torna o investimento inicial, muito satisfatório.

Nesse estudo levamos em conta os custos iniciais, que inclui aquisição das lâmpadas e luminárias e o valor de mão de obra para instalação, nessa fase o método fluorescente se sobressai com uma economia de R\$ 30.338,00, no custo de aquisição somente das lâmpadas, já que o restante é propositalmente igual para os dois modelos. No entanto, analisando os gastos com manutenções ao longo de 10 anos, obtivemos resultados que tornam a lâmpada de LED, mais viável. A economia com manutenção que ela gera, somando gastos com trocas de lâmpadas, mão de obra para realização dessas trocas e principalmente os custos com energia elétrica baseados no preço do kWh, da distribuidora de energia local, reunindo todos esses gastos chegamos a um valor de R\$ 322.481,97 de economia que o sistema de lâmpadas de LED traz ao longo de 10 anos. Ressaltando que esses valores são com base nos dados atuais, desconsiderando a inflação ao longo dos 10 anos, como perspectiva futura pretendemos avaliar o tempo de retorno do investimento, utilizando o payback, que é uma forma de avaliar a viabilidade de um investimento incluindo essas taxas.

Podemos concluir então que o investimento inicial elevado da implantação das lâmpadas de LED é completamente viável financeiramente e ambientalmente, o investimento se paga somente pelas manutenções que as lâmpadas fluorescentes exigiriam a mais que esse modelo. O que geraria menos resíduos que seriam descartados indiretamente mesmo que de maneira correta na natureza. Além desse fato, as lâmpadas fluorescentes contém mercúrio, deixando-as mais poluidoras, caso ocorra um descarte inadequado à contaminação do meio é extremamente prejudicialmente natureza, ressaltando que as lâmpadas de LED consomem menos energia, conseqüentemente será necessária a menor produção, aliando nesse quesito sustentabilidade e economia.

O fato de o consumo da iluminação de LED ser 50% menor que a iluminação fluorescente agregados com a economia em manutenções, geraria lucros a instituição de R\$ 322.481,97, isso em relação à utilização das lâmpadas fluorescentes, essa economia poderia

ser investida em áreas necessárias, também no investimento de novas fontes de energia sustentável, que poderiam ser benéficas à instituição de ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, Edgar; TACHIBANA, Wilson Kendy. **Conservação de energia e os custos da qualidade: um estudo num campus universitário**. V Congresso brasileiro de gestão estratégica de custos, Fortaleza, set. 1998.

BORNE, L. S. **Eficiência Energética em instalações elétricas**. 2010. (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CASTILHO, D. **As redes de energia elétrica em Goiás e os padrões espaciais de produção, transmissão e distribuição**. 2013. II Simpósio Internacional Eletrificação e Modernização Social, Universidade de São Paulo–USP, 2013.

CREDER, Helio. **Instalações Elétricas**. 16ªed. Rio de Janeiro, LTC, 2013. ISBN: 978-85-216-3072-2

DSCE. **Avaliação da qualidade da energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/qualidade/a1.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. **Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 70-81, ago. 2015.

FILHO, Altino Ventura. **O Brasil no Contexto Energético Mundial**. NAIPPE, Brasília, v. 6, nov. 2009.

FREITAS, P. C. F. **Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas**. 2010. (Graduação em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. **Política energética no Brasil**. Estudos avançados, v. 19, n. 55, p. 215-228, out. 2005.

GONÇALVES, Odair Dias; ALMEIDA, Ivan Pedro Salati De. **A energia nuclear**. Ciência Hoje, [S.L], v. 37, n. 220, p. 36-44, out. 2005.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação: Teoria e Projeto**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008. p. 1-97.

LIMA FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12. ed. São Paulo, SP: Editora Érica, 2011;

MACINTYRE, A. J.; NISKIER, J. **Instalações Elétricas**. 5ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. Tese de Doutorado. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2004. 295p.

QUEIROZ, R. D. et al. **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas, Santa Maria, v. 13, n. 13, p. 2774- 2784, ago. 2013.

RUFINO, Maria Audenôra; SIQUEIRA, Juliana Soares; ARAÚJO, Aneide Oliveira. **Gestão ambiental: uma análise dos custos das empresas distribuidoras de energia elétrica**. XXI Congresso brasileiro de custos, Natal, nov. 2014.

SANTOS, Simone Mendonça Dos; SOUZA, Marcelo Pereira De. **Análise das contribuições potenciais da Avaliação Ambiental Estratégica ao Plano Energético Brasileiro**. Eng Sanit Ambient, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 369-378, out./dez. 2011.

SANTOS, T. S. D. et al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. Eng. Sanit Ambient, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 595-602, out./2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Simone\\_Pozza/publication/291015146\\_Analise\\_da\\_eficiencia\\_energetica\\_ambiental\\_e\\_economica\\_entre\\_lampadas\\_de\\_LED\\_e\\_convencionais/links/5729d3dd08ae2efbdfdbb8e84.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Simone_Pozza/publication/291015146_Analise_da_eficiencia_energetica_ambiental_e_economica_entre_lampadas_de_LED_e_convencionais/links/5729d3dd08ae2efbdfdbb8e84.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2019.



SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos A. M.. **A demanda por energia elétrica no Brasil**. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, jan./mar. 2004.

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo De. **A Temática Ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: Algumas Possibilidades de Desenvolver o Tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma Situação de Ensino**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 3, set. 2002.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. Novo Estudo, São Paulo, n. 79, nov. 2007.

UNIVAP. **LED - Iluminação de estado sólido**. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/0508\\_0224\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0508_0224_01.pdf). Acesso em: 21 ago. 2019.

WEB OF SCIENCE. **Plataforma referencial de citações científicas**. Disponível em: <[apps-webofknowledge.ez281.periodicos.capes.gov.br](http://apps-webofknowledge.ez281.periodicos.capes.gov.br)>. Acesso em: 25 fev. 2019.

**ANEXO A – Cálculos do Índice Local, Fluxo Luminoso, Número de Luminárias,  
Potência e Custo Diário de Consumo.**

➤ **Sala de aula**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{8,4 \times 8,6}{2,0 (8,4 + 8,6)} = 2,12$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 63 \times 0,01 = 0,63$$

$$d = 0,85$$

$$\phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{72,24 \times 500}{0,63 \times 0,85} = 67450,98$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{67450,98}{2300 \times 2} = 14,66 = 15 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 15 = 540 W$$

$$P_t = P \times t = 540 \times 5 = 2700Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 15 = 1080 W$$

$$P_t = P \times t = 1080 \times 5 = 5400Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = 9 \text{ salas} \times P_t \times V_d = 9 \times 2,7 \times 0,847290 = R\$ 20,59$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 20,59 \times 3650 = R\$ 75.153,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = 9 \text{ salas} \times P_t \times V_d = 9 \times 5,4 \times 0,847290 = R\$ 41,18$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 41,18 \times 3650 = R\$ 150.307,00$$

➤ **Biblioteca Térreo 1**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{7,7 \times 12,4}{2,0 (7,7 + 12,4)} = 2,37$$

- **Cálculo do fluxo luminoso ( $\Phi$ ):**

$$u = 63 \times 0,01 = 0,63$$

$$d = 0,85$$

$$\Phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{95,48 \times 500}{0,63 \times 0,85} = 89150,33$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\Phi}{\varphi} = \frac{89150,33}{2300 \times 2} = 19,38 = 20 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 20 = 720 W$$

$$P_t = P \times t = 720 \times 5 = 3600 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 20 = 1440 W$$

$$P_t = P \times t = 1440 \times 5 = 7200Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 3,6 \times 0,847290 = R\$ 3,05$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 3,05 \times 3650 = R\$ 11.132,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 7,2 \times 0,847290 = R\$ 6,10$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 6,10 \times 3650 = R\$ 22.265,00$$

➤ **Biblioteca (Área das estantes)**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{15,95 \times 12,4}{2,0 (15,95 + 12,4)} = 3,49$$

- **Cálculo do fluxo luminoso ( $\Phi$ ):**

$$u = 57 \times 0,01 = 0,57$$

$$d = 0,85$$

$$\Phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{197,78 \times 200}{0,57 \times 0,85} = 81641,93$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\Phi}{\varphi} = \frac{81641,93}{2300 \times 2} = 17,75 = 18 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 18 = 648 W$$

$$P_t = P \times t = 648 \times 5 = 3240 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 18 = 1296 W$$

$$P_t = P \times t = 1296 \times 5 = 6480Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 3,24 \times 0,847290 = R\$ 2,75$$

$$Custo em 10 anos = 2,75 \times 3650 = R\$ 10.037,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 6,48 \times 0,847290 = R\$ 5,49$$

$$Custo em 10 anos = 5,49 \times 3650 = R\$ 20.038,50$$

### ➤ Biblioteca Térreo 2

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{23,7 \times 4,55}{2,0 (23,7 + 4,55)} = 1,9$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 69 \times 0,01 = 0,69$$

$$d = 0,85$$

$$\varnothing = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{107,835 \times 500}{0,69 \times 0,85} = 91930,95$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\varnothing}{\varphi} = \frac{91930,95}{2300 \times 2} = 19,98 = 20 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 20 = 720 W$$

$$P_t = P \times t = 720 \times 5 = 3600 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 20 = 1440 W$$

$$P_t = P \times t = 1440 \times 5 = 7200Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 3,6 \times 0,847290 = R\$ 3,05$$

$$Custo \text{ em } 10 \text{ anos} = 3,05 \times 3650 = R\$ 11.132,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 7,2 \times 0,847290 = R\$ 6,10$$

$$Custo \text{ em } 10 \text{ anos} = 6,10 \times 3650 = R\$ 22.265,00$$

➤ **Biblioteca 3**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{20,61 \times 27,1}{2,0 (20,61 + 37,1)} = 5,85$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 48 \times 0,01 = 0,48$$

$$d = 0,85$$

$$\phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{107,835 \times 500}{0,48 \times 0,85} = 684436,27$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{684436,27}{2300 \times 2} = 148,79 = 149 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 149 = 5364 W$$

$$P_t = P \times t = 5364 \times 5 = 26820 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 149 = 10728 W$$

$$P_t = P \times t = 10728 \times 5 = 53640 Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 26,82 \times 0,847290 = R\$ 22,72$$

$$Custo \text{ em } 10 \text{ anos} = 22,71 \times 3650 = R\$ 82.891,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 53,64 \times 0,847290 = R\$ 45,45$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 45,45 \times 3650 = \text{R\$ } 165.892,50$$

➤ **Banheiro**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{7,15 \times 2,15}{2,0 (7,15 + 2,15)} = 0,826$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 76 \times 0,01 = 0,76$$

$$d = 0,85$$

$$\emptyset = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{15,77 \times 200}{0,76 \times 0,85} = 4882,35$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\emptyset}{\varphi} = \frac{4882,35}{2300 \times 2} = 1,06 = 2 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 2 = 72W$$

$$P_t = P \times t = 72 \times 5 = 360 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 2 = 144 W$$

$$P_t = P \times t = 144 \times 5 = 720Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 0,36 \times 0,847290 = \text{R\$ } 0,31$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 0,31 \times 3650 = \text{R\$ } 1.131,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 0,72 \times 0,847290 = \text{R\$ } 0,61$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 0,61 \times 3650 = \text{R\$ } 2.226,50$$

➤ **Secretaria e sala dos professores**

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{40,01 \times 8,6}{2,0 (40,01 + 8,6)} = 3,54$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 57 \times 0,01 = 0,57$$

$$\phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{344,086 \times 300}{0,57 \times 0,85} = 213056,35$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{213056,35}{2300 \times 2} = 46,31 = 47 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 47 = 1692 W$$

$$P_t = P \times t = 1692 \times 5 = 8460 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 47 = 3384 W$$

$$P_t = P \times t = 3384 \times 5 = 16920 Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 8,46 \times 0,847290 = R\$ 7,17$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 7,17 \times 3650 = R\$ 26.170,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 16,92 \times 0,847290 = R\$ 14,34$$

$$\text{Custo em 10 anos} = 14,34 \times 3650 = R\$ 52.341,00$$

### ➤ Corredor

- **Índice do local (K):**

$$K = \frac{C \times L}{h (C + L)} = \frac{42,75 \times 2,2}{1,0 (42,75 + 2,2)} = 2,09$$

- **Cálculo do fluxo luminoso (Ø):**

$$u = 63 \times 0,01 = 0,63$$

$$d = 0,85$$

$$\phi = \frac{S \times Em}{u \times d} = \frac{94,072 \times 100}{0,63 \times 0,85} = 17567,13$$

- **Número de luminária (N):**

$$N = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{17567,13}{2300 \times 2} = 3,82 = 4 \text{ luminárias}$$

- **Potência da Lâmpada LED (P):**

$$P = P_l \times N_l = 18 \times 2 = 36W$$

$$P \times N = 36 \times 4 = 144 W$$

$$P_t = P \times t = 144 \times 5 = 720 Wh$$

- **Potência da Lâmpada FLUORESCENTE (P):**

$$P = P_l \times N_l = 36 \times 2 = 72W$$

$$P \times N = 72 \times 4 = 288 W$$

$$P_t = P \times t = 288 \times 5 = 1440 Wh$$

- **Cálculo de Custo Diário (LED):**

Valor Kwh diário: 0,847290

$$C_d = P_t \times V_d = 0,76 \times 0,847290 = R\$ 0,61$$

$$Custo em 10 anos = 0,61 \times 3650 = R\$ 2.226,50$$

- **Cálculo do Custo Diário (FLUORESCENTE):**

$$C_d = P_t \times V_d = 1,44 \times 0,847290 = R\$ 1,22$$

$$Custo em 10 anos = 1,22 \times 3650 = R\$ 4.453,00$$

### ANEXO B - Cronograma de Trocas das Lâmpadas

- Cronograma de trocas das lâmpadas Fluorescentes:

250 dias - 1º troca - 250 dias

500 dias - 2º troca - 1 ano e 135 dias

750 dias - 3º troca - 2 anos e 20 dias

1000 dias - 3º troca - 2 anos e 270 dias

1250 dias - 5º troca - 3 anos e 155 dias

1500 dias - 6º troca - 4 anos 40 dias

1750 dias - 6º troca - 4 anos e 290 dias

2000 dias - 8º troca - 5 anos e 175 dias

2250 dias - 9º troca - 6 anos e 60 dias

2500 dias - 10º troca - 6 anos e 310 dias

2750 dias - 11º troca - 7 anos e 195 dias

3000 dias - 12º troca - 8 anos e 80 dias

3250 dias - 13º troca - 8 anos e 330 dias

3500 dias - 14 troca - 9 anos e 215 dias

A 14º troca dura até depois dos 3650 dias dos 10 anos. Por isso só serão necessárias 14 trocas de lâmpadas nesses 10 anos de utilização.

- Cronograma de trocas das lâmpadas LED:

1825 dias - 1º troca - 5 anos

3650 dias - 2º troca - 10 anos

Serão necessárias 02 trocas de lâmpadas durante os 10 anos de utilização.