

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VINÍCIUS RODRIGUES DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS  
LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS DE LED EM UM  
COLÉGIO LOCALIZADO NO OESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2019

VINÍCIUS RODRIGUES DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS  
LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS DE LED EM UM  
COLÉGIO LOCALIZADO NO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Me. Ismael Burgardt

Coorientador: Prof. Me. Neron Alípio  
Cortes Berghauser

Medianeira

2019



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

# **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS DE LED EM UM COLÉGIO LOCALIZADO NO OESTE DO PARANÁ**

Por

VINÍCIUS RODRIGUES DE OLIVEIRA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 10:20 h do dia 19 de junho de 2019 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

---

Prof. Me. Ismael Burgardt  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Me. Peterson Diego Kunh  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Me. Ivair Marchetti  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

A Deus, aos meus pais, aos meus amigos e professores.  
*Ao companheirismo que foi construído durante os anos como acadêmico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Me. Orientador e ao Prof. Me. Coorientador, pela atenção e disposição em compartilhar conhecimentos e orientações para a realização de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, pelo apoio e motivação.

Aos amigos e colegas, pela força e compreensão nesta etapa tão importante.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa imprescindível de nossas vidas.

Aos profissionais que de alguma forma contribuíram, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, mesmo indiretamente participaram ou somaram para a realização e finalização deste trabalho.

"Uma experiência nunca é um fracasso,  
pois sempre vem demonstrar algo."

Thomas Edison

## RESUMO

RODRIGUES, Vinícius. **Estudo de viabilidade econômica na substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED em um colégio localizado no oeste do Paraná.** 2019. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Há algum tempo o setor energético vem passando por consideráveis avanços tecnológicos, fazendo com que as organizações venham aderir a tais mudanças adquirindo maiores ganhos de produtividade e economia. Nas últimas décadas, o mercado de iluminação passou por mudanças significativas, tendo dispositivos elétricos característica de baixo consumo de energia, maior vida útil e menor impacto ambiental. O termo eficiência energética que é o foco deste trabalho, abrange algumas práticas e abordagens de importantes conceitos que auxiliam as organizações a alcançarem tais ganhos. Um dos avanços tecnológicos que ocorreu ao longo dos anos foi o surgimento das lâmpadas LED. O presente trabalho apresentou um estudo no qual se propõe a substituição das lâmpadas tradicionais fluorescentes em um colégio localizado no Oeste do Estado do Paraná, de modo que se obteve resultados satisfatórios quanto a mensuração da substituição estudada. Foram analisados dois panoramas, de modo que o impacto foi que, em um deles houve economia no consumo gasto de energia e o outro panorama, foi visto a necessidade de alteração na quantidade de luminárias para que as salas de aula se enquadrassem nas normas estabelecidas.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; custos; lâmpadas de LED.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Vinícius. **Economic feasibility study on replacing fluorescent lamps with LED bulbs at a college located in western Paraná** 2019. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

For some time the energy sector has undergone considerable technological advances, causing organizations to adhere to such changes, achieving the greatest gains in productivity and economy. The last decades, the market of lighting by changes, the physical characteristics, the increase of useful life and the smaller environmental impact. The term energy efficiency is the focus of this paper, presenting some practices and the main strategies that help organizations achieve results. One of the technological advances that has emerged over the years has been the emergence of LED bulbs. The present work presented a study in which it is proposed the replacement of traditional fluorescent lamps in a college located in the West of the State of Paraná, in order to obtain satisfactory results regarding the measurement of the substitution studied. Two scenarios were analyzed, so the impact was that in one of them there was energy consumption and the other scenario, it was seen the need to change the quantity of luminaires so that the classrooms fit the established standards.

**Keywords:** Energy efficiency; Expenses; Led lamps.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução cronológica das lâmpadas .....	18
Figura 2 – Exemplos de lâmpadas tubulares LED .....	19
Figura 3 – lâmpada LED Bulbo .....	20
Figura 4 – Lâmpada LED Espiral .....	20
Figura 5 – Vida útil de diferentes tipos de lâmpadas.....	20
Figura 6 – Custos considerados pela tarifa .....	24
Figura 7 – Valor final da energia elétrica .....	25
Figura 8 – Luxímetro .....	28
Figura 9 – Distância (m) entre a superfície de trabalho e topo da janela .....	29
Figura 10 – Malha de pontos para medição .....	29
Figura 11 – Tempo de funcionamento das lâmpadas por turno .....	33
Figura 12 – Luxímetro para obtenção das medidas .....	35
Figura 13 – Sala de aula – Lâmpadas acesas em período noturno .....	36
Figura 14 – Lâmpada de LED desejada para substituição .....	43
Figura 15 – Gráfico da distribuição de gastos com energia mensal (em R\$) .....	45
Figura 16 – Gráfico de demanda de energia elétrica dia útil (em potência) .....	46
Figura 17 – Gráfico do consumo de energia da escola no ano de 2018 (kWh).....	47
Figura 18 – Gráfico comparação do consumo de energia em kWh.....	51
Figura 19 – Gráfico comparação do gasto de energia em reais.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Anos de lançamento no mercado de alguns modelos de lâmpadas .....	18
Tabela 2: Equivalência das lâmpadas em relação à potência.....	18
Tabela 3: Faixas de refletância úteis para superfícies internas mais importantes.....	21
Tabela 4: Índice de iluminância média em construções educacionais .....	22
Tabela 5: Distribuição de lâmpadas pelos diversos espaços do colégio .....	33
Tabela 6: Dimensões das salas de aula.....	34
Tabela 7: Quantidade mínima de pontos a serem medidos .....	35
Tabela 8: Quantidade de lâmpadas queimadas encontrada em cada sala.....	36
Tabela 9: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 1, 2 e 3 .....	37
Tabela 10: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 4, 5 e 6 .....	38
Tabela 11: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 7, 8, 9 e 10 .....	38
Tabela 12: Resumo dos panoramas analisados .....	39
Tabela 13: Fator de utilização .....	40
Tabela 14: Fator de manutenção .....	41
Tabela 15 – Informações Fator de Utilização - luminária 3530 .....	41
Tabela 16: Consumo por dias da semana em (kWh) com iluminação .....	47
Tabela 17: Total gasto mensal em (R\$) apenas com iluminação.....	48
Tabela 18: Consumo total mensal em (kWh) com iluminação das salas de aula.....	48
Tabela 19: Total gasto mensal em (R\$) com iluminação das salas de aula.....	49
Tabela 20: Consumo total mensal em (kWh) iluminação (LED) salas de aula – panorama 1 .....	49
Tabela 21: Total gasto mensal em (R\$) apenas iluminação (LED) salas de aula – panorama 1 .....	49
Tabela 22: Consumo total mensal em (kWh) com iluminação (LED) salas de aula – panorama 2 .....	50
Tabela 23: Total gasto mensal em (R\$) apenas iluminação (LED) salas de aula – panorama 2 .....	50
Tabela 24: Meses necessários para retorno financeiro.....	52

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
PEE	Programa de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EE	Eficiência energética
LED	<i>Light Emitting Diodes</i> (Diodo Emissor de Luz)
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras
INBS	Instituto Brasileiro de sustentabilidade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 HISTÓRICO DA ILUMINAÇÃO: EVOLUÇÃO DAS LÂMPADAS.....	16
2.2 NORMAS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS DE ILUMINAÇÃO .....	20
2.3 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	22
2.3.1 Tarifas .....	24
2.4 PLANEJAMENTO DOS RESÍDUOS .....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
4.1 INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS E CARACTERÍSTICAS LUMINOTÉCNICAS DO COLÉGIO.....	32
4.2 ORÇAMENTO DE LÂMPADAS DE LED.....	42
4.3 GASTOS TOTAIS COM ENERGIA ELÉTRICA.....	44
4.3.1 Dados somente com iluminação de todos os espaços do colégio .....	47
4.3.1.1 Somente iluminação já existente das salas de aula .....	48
4.3.1.2 Dados referentes à iluminação com lâmpadas de LED .....	49
4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA .....	50
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES</b> .....	<b>55</b>
REFERÊNCIAS.....	58

## 1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de obter sustentabilidade e viabilidade futura do setor elétrico, o conceito de Eficiência Energética em sua abordagem, estimula o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de práticas racionais para o uso de energia elétrica. Para fomentar a criação de políticas de uso racional de energia elétrica, a ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica criou e mantém o Programa de Eficiência Energética (PEE) cujo principal objetivo é promover o uso eficiente da energia elétrica, tanto em relação a processos quanto equipamentos. Com base nesta proposta, alguns avanços tecnológicos no setor energético auxiliaram para o alcance destes resultados, como por exemplo, a invenção das lâmpadas de LED.

Nas últimas décadas, o mercado de iluminação passou por mudanças significativas, tendo dispositivos elétricos característica de baixo consumo de energia, maior vida útil e menor impacto ambiental. Até poucos anos atrás, o tipo de lâmpada mais utilizada era a incandescente, que apresentava um ciclo de vida curto e consumiam energia considerável, quando comparada com as atuais, mas quando surgiu e dominava em sua época, atendia a demanda das residências e demais estabelecimentos. De maneira gradativa, essas lâmpadas foram sendo substituídas por lâmpadas fluorescentes compactas, que duravam seis vezes mais e eram quatro vezes mais eficientes (INMETRO, 2018), como uma espécie de “segunda geração”.

Dentre as soluções para iluminação mais recentes e que apresenta melhores indicadores na relação vida útil x consumo, estão às lâmpadas de LED - *Light Emitting Diodes*. Este modelo entra na concepção da modernidade do setor de iluminação, permitindo uma tecnologia capaz de trazer resultados mais satisfatórios no que diz respeito a ser mais eficiente energeticamente.

As lâmpadas de LED são mais econômicas, isso se dá por sua eficiência luminosa ser maior do que as das outras lâmpadas. Atualmente sua utilização está em processo de adaptação devido ao seu preço e inserção no mercado. O estudo aqui proposto visa levantar as vantagens do uso de lâmpadas de LED em um colégio localizado no Oeste do Paraná, por meio de simulações que compreende a substituição das lâmpadas fluorescentes existentes no local pelo modelo referido, mensurando os benefícios obtidos.

O que move o desejo de tal estudo é levantar ganhos financeiros, viabilidade econômica, preço de implantação entre outros fatores ligados à mudança, de modo a aliar o emprego do desenvolvimento tecnológico ao melhor controle dos gastos.

A fim de pesquisar mais detalhado o setor de energia e seus avanços tecnológicos, o presente estudo busca permitir melhor conhecimento das práticas de eficiência energética. Busca-se, com isto, verificar quais são os benefícios lhes são proporcionados.

Como no presente trabalho é analisado um colégio estadual, procura-se mensurar a importância da escolha do tipo de iluminação para se obter menores gastos, que pode ter impacto direto no preço pago de sua fatura de energia. Os estabelecimentos buscam continuamente reduzir custos; cabe aos responsáveis encontrarem formas e meios para que os gastos sejam cada vez menores. No que diz respeito a conta de energia elétrica, o valor final pago é a soma de alguns elementos que são cobrados, como consumo e alguns impostos específicos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a aplicação de conceitos relacionados à eficiência energética por meio de práticas sobre o consumo de energia elétrica de um estabelecimento escolar, assim como realizar um estudo de viabilidade econômica para a substituição do sistema de iluminação fluorescente por um baseado em lâmpadas de LED.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar levantamento dos dispositivos de iluminação das salas de aula do colégio em estudo;
- b) Elaborar o mapeamento luminotécnico dos ambientes estudados;
- c) Levantar os custos envolvidos com a iluminação das salas de aulas.

No caso do colégio estudado, possui diversos aparelhos e alguns funcionam

constantemente durante parte do ano, com exceção dos períodos de férias. Por meio de estudos iniciais, nota-se que a iluminação corresponde a uma considerável parcela na conta de energia. Surge então, a percepção da oportunidade em usar o avanço tecnológico do setor a favor da racionalidade tanto em termos de economia quanto de consciência ambiental, com a tecnologia das lâmpadas de LED, de modo a buscar minimizar os gastos mensais.

Outro fator importante quando se estuda a troca de lâmpadas por outros modelos, refere-se a questão do plano para descarte dos produtos substituídos (do tipo fluorescentes tubulares e econômicas). Esta proposição de troca para obter melhores resultados em relação aos gastos, requer um cuidado especial.

Existem práticas específicas de descarte que devem ser levadas em consideração, considerando-se que nestes processos podem ser gerados resíduos indesejados ao meio ambiente. Busca-se então, compreender melhor tais práticas de sustentabilidade, assim como saber quais atitudes devem ser tomadas em um projeto sobre iluminação. O motivo do estudo em sua maior abrangência se baseia em obter viabilidade econômica, mas não se esquecendo de que, para o projeto ser viável, deve-se atentar ao fato de ser sustentável, preocupando-se com a população e ao meio ambiente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 HISTÓRICO DA ILUMINAÇÃO: EVOLUÇÃO DAS LÂMPADAS

Desde as civilizações mais antigas já existiam formas de gerar iluminação. Lima (2018) salienta que a iluminação primitiva do fogo servia para aquecer, cozinhar e iluminar e as tochas produzidas a partir de recursos disponíveis e da criatividade foram às luminárias perfeitas em épocas passadas. Depois de certa evolução surgiu-se a vela como alternativa viável. Segundo Lima (2018), as velas existem desde 50.000 anos a.C e até nos dias de hoje são vistas e admiradas.

Após as velas, surgiu às lamparinas, estas foram aparecendo aos poucos, sendo o óleo de baleia o primeiro combustível para este modelo e depois foi a vez dos lampiões, que foi um passo rápido, feitos de argila inicialmente e posteriormente adaptada para o metal (LIMA, 2018).

Lima (2018) descreve que, chegando ao século XIX, com o surgimento da primeira lâmpada elétrica, o mundo todo ficou mais iluminado, de modo que foi possível conhecer a iluminação por eletricidade. O responsável por este feito foi Thomas Edison, criador da lâmpada incandescente, sendo um marco no que diz respeito à iluminação elétrica.

Ao se falar de lâmpadas, o nome deste americano está diretamente associado a iluminação. Além desta grande invenção, também trouxe outras contribuições em relação a fenômenos físicos, mecânicos e elétricos (Júnior, 2018).

Moreira (1999) ilustra que tudo começou em 1879, quando Edison concebeu a primeira lâmpada incandescente, constituída basicamente de um filamento espiralado algumas vezes, que com a passagem de corrente elétrica, o filamento era levado a incandescência. Para aumentar a eficiência luminosa de uma lâmpada incandescente deve-se elevar a temperatura de seu filamento, mas com essa atitude se reduz a vida útil da lâmpada.

Após algum tempo, segundo Eduarda (2018), surge-se as lâmpadas fluorescentes que chegavam ao mercado em 1938, criada por Nikola Tesla. Moreira (1999) descreve que as fluorescentes são lâmpadas de descarga a baixa pressão, elas podem ter cátodos quentes ou cátodos frios. Neste modelo de



lâmpada, procura-se obter o máximo de radiação ultravioleta, que será transformada em luz visível e inicialmente possuíam formato de um longo tubo de vidro. Em suas extremidades apresentavam os eletrodos de tungstênio, recobertos por uma camada de óxidos emissores de elétrons. A temperatura dos filamentos chega a atingir 950°C quando em funcionamento. A parte interna do tubo é recoberta pela camada fluorescente.

No caso das fluorescentes de cátodo frio a temperatura de operação fica em torno de 150°C, estas são utilizadas geralmente em locais de difícil acesso, tem a vantagem de ter vida mais longa comparada a de cátodo quente. Um fato relevante é que as lâmpadas fluorescentes necessitam de um componente específico que estabiliza a intensidade da corrente no arco, este componente é chamado de reator (MOREIRA, 1999).

Com o passar dos anos, as fluorescentes foram sendo aperfeiçoadas, com formatos diferentes, e diâmetros menores, apresentavam característica compacta e reatores eletrônicos incorporados. Moreira (1999) salienta que, tais aperfeiçoamentos traziam economia e as tornavam com alta eficiência.

Surgem então as lâmpadas de LED, como uma terceira geração de lâmpadas no que diz respeito a iluminação. PROCEL (2011) descreve que LED emite luz em uma faixa específica de cor, diferenciando-se das incandescentes. O diodo emissor de luz (LED) é constituído por uma série de camadas de material semicondutor. O material utilizado em sua composição influencia na cor da luz emitida, que varia entre vermelho, amarelo, verde e azul. Por meio da mistura das cores azul, vermelho e verde, pode-se produzir a cor branca.

Segundo Eduarda (2018), em 1989 surgiram os primeiros LEDs azuis comerciais que viabilizariam o desenvolvimento dos dispositivos atuais como painéis e TVs de LED e em torno de dez anos mais tarde os LEDs chegam ao ramo da iluminação trazendo grandes vantagens em relação às demais.

O INMETRO (2018) salienta que, vida útil mais longa, baixo consumo de energia e menor impacto ambiental são as principais características das LEDs. Cada vez mais esta tecnologia está se tornando popularizada, principalmente a partir do início do século XXI. A princípio com preços mais elevados, estas foram se inserindo ao mercado de maneira discreta. Com o passar do tempo com sua maior popularização, seu preço apresentou uma diminuição e torna-se mais comum sua utilização nos mais diversos estabelecimentos, ainda não sendo tão evidente, mas

possível notar maiores aparições, que vão desde sua aplicação em indústria até em residências.

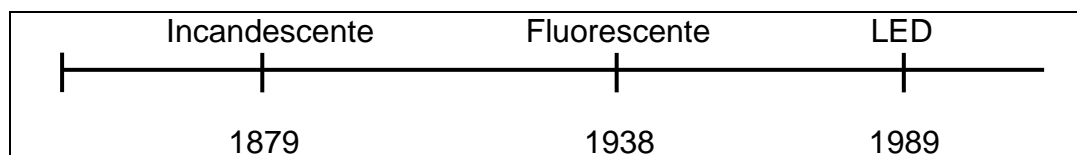
É possível ver na Tabela 1 os modelos de lâmpadas e seus respectivos anos de surgimento, como também sua evolução cronológica (Figura 1). Um fato importante a ser destacado é que o LED inicialmente não era utilizado como lâmpada, mas como indicador luminoso.

**Tabela 1: Anos de lançamento no mercado de alguns modelos de lâmpadas**

Modelo de lâmpada	Ano de Surgimento
Incandescentes	1879
Fluorescentes	1938
LEDs	1989

Fonte: Moreira (1999) e Eduarda (2018).

Como a comercialização das lâmpadas de LED se torna cada vez mais comum, as empresas do ramo procuram modelos dos mais diversos tipos, para atender diferentes demandas, que vão desde residências até estabelecimento comerciais e de esporte, de modo que existem até mesmo refletores de LED. O INMETRO (2018) descreve que o consumidor deve observar na etiqueta onde é comercializado o referido produto, a diferença entre as diferentes tecnologias de lâmpadas, ressaltando as devidas características.



**Figura 1 – Evolução cronológica das lâmpadas**

Fonte: Moreira (1999) e Eduarda (2018).

O INMETRO (2018) descreve as respectivas equivalências das lâmpadas em relação a potência, com fluxo luminoso semelhante, como visto na Tabela 2.

**Tabela 2: Equivalência das lâmpadas em relação à potência**

Tecnologia de lâmpada	Potência (W)
Incandescentes	60
Fluorescente compacta	15
LED	9

Fonte: INMETRO (2018).

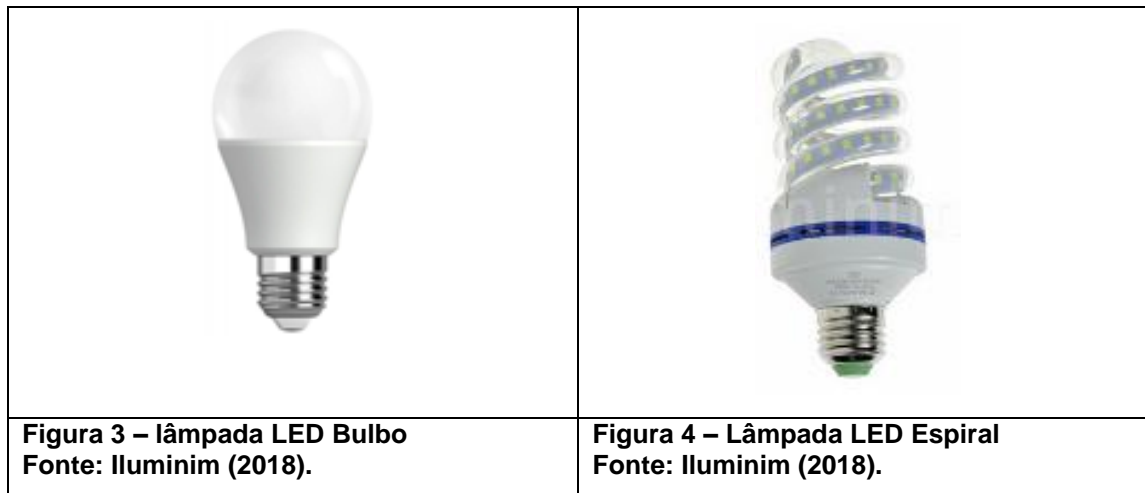
Com base nos valores da Tabela 2, é possível perceber que uma lâmpada incandescente de 60 W, equivale a uma fluorescente compacta de 15 W, que, por sua vez é equivalente a uma LED de 9 W. Outro aspecto relevante para a realização deste trabalho está ligado à vida útil das lâmpadas. Segundo Abilumi (2017), as lâmpadas incandescentes apresentam vida útil em média de 750h, enquanto as fluorescentes duram em média 8.000h. O INMETRO (2018) retrata 25.000h de duração das lâmpadas de LED, de modo que é possível se ter dimensão do quanto duram quando comparados os modelos de lâmpadas. Com a evolução destas, a expectativa é que, com o tempo, possam durar mais.

Eduarda (2017) descreve algumas vantagens em relação a escolha de lâmpadas de LED, como por exemplo não gerar calor, não atrair insetos, não produzir radiação ultravioleta e talvez um dos pontos mais interessantes, o de não exigir reatores. Segundo Eduarda (2017), referindo-se as lâmpadas tubulares de LED, como pode ser observada na Figura 2, estas possuem um drive integrado que elimina a necessidade do uso de reatores para seu funcionamento.

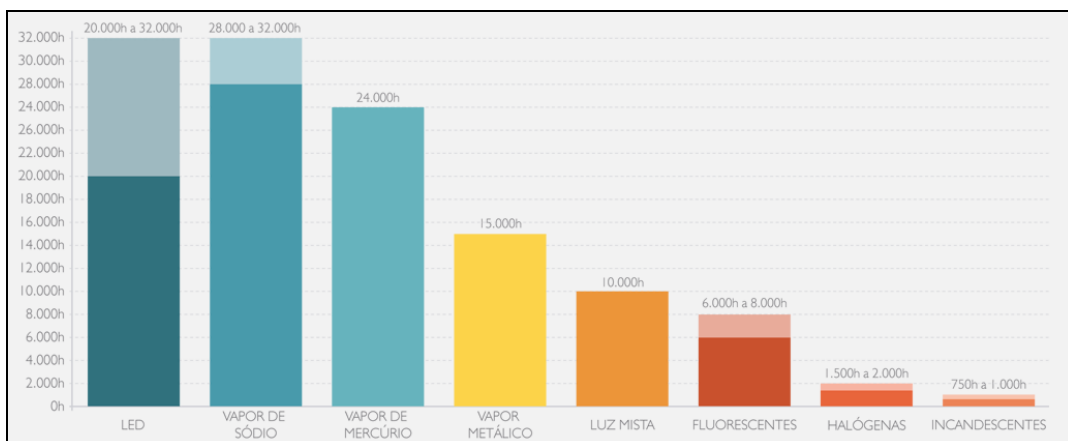


**Figura 2 – Exemplos de lâmpadas tubulares LED**  
Fonte: Iluminim, Eduarda (2017).

São diversos os formatos de lâmpadas LED; Iluminim (2018) descreve que, além das lâmpadas tubulares, outros modelos podem ser encontrados como, bulbo e espiral. Alguns destes modelos podem ser vistos nas Figuras 3 e 4 respectivamente.



Empalux (2018) descreve a vida útil de alguns modelos de lâmpadas, como na Figura 5.



**Figura 5 – Vida útil de diferentes tipos de lâmpadas**  
Fonte: EMPALUX (2018).

## 2.2 NORMAS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS DE ILUMINAÇÃO

Ao se discutir e estudar iluminação, suas características e particularidades, automaticamente alguns conceitos específicos também entram em discussão. Um destes conceitos é o chamado fluxo luminoso, que representa uma potência luminosa emitida ou absorvida, como também refletida, por segundo, em todas as direções, sob forma de luz, como explicado em Manual de iluminação - PROCEL

(2011). A unidade é o Lúmen (lm).

Outros termos são necessários para um projeto e averiguação da situação de iluminação, que são eles, Iluminância e luminância. Existem algumas normas que ressaltam que o ambiente de trabalho deve ser iluminado o mais uniformemente o possível (NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL NHO 11, 2018). A Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018) descreve iluminância sendo a razão do fluxo luminoso incidente em um elemento de superfície que contém o ponto dado e a área desse elemento. A unidade é dada em lux. Já a luminância, a razão entre a intensidade do fluxo luminoso emitido por uma superfície em uma dada direção e a área dessa superfície projetada ortogonalmente sobre um plano perpendicular àquela direção.

A NBR ISO 8995-1 (2013) salienta que uma boa iluminação é essencial, pois oferece conforto as tarefas realizadas. Em uma sala de aula, principalmente este fato é levado em consideração, por ser um ambiente que contém elevada atividade de leitura, tanto em carteiras de estudo, como em lousa.

Outro conceito é a distribuição da luminância, a qual controla o nível de adaptação dos olhos, podendo afetar a visibilidade da tarefa. As luminâncias de todas as superfícies são importantes e são determinadas pela refletância e pela iluminância nas superfícies, é o que aborda a NBR ISO 8995-1 (2013), ressaltando também as faixas de refletância úteis para superfícies internas, como descrito na Tabela 3.

**Tabela 3: Faixas de refletância úteis para superfícies internas mais importantes**

<b>Local específico</b>	<b>Faixas de refletância</b>
1. Teto	0,6-0,9
2. Paredes	0,3-0,8
3. Planos de trabalho	0,2-0,6
4. Piso	0,1-0,5

**Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).**

A NBR ISO 8995-1 (2013) estabelece um índice de iluminância média em diversas tarefas e nos diferentes tipos de estabelecimento. Para ambientes educacionais, a Norma regulamenta os seguintes padrões, como na Tabela 4.

**Tabela 4: Índice de iluminância média em construções educacionais**

Local analisado	Lux
1. Salas de aula	300
2. Salas de aula noturna e educação de adultos	500
3. Sala de leitura	500

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

### 2.3 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Desde que a energia elétrica passou a estar presente, em específico à iluminação, o desafio frequente, é gerir de maneira racional este recurso. O termo eficiência energética, resulta em práticas específicas para alcançar êxito seja qual for o meio de forma de utilização de energia. O estudo de luminotécnica utilizado com o intuito de otimizar qualidade, quantidade e o emprego da luz artificial servem de apoio à eficiência energética (COSTA et al., 2013).

O termo eficiência é cada vez mais presente no cotidiano das organizações. Conservar energia elétrica e iluminação significa eliminar desperdício, seja através de melhoria da eficiência em sistemas e instalações existentes, por um processo tecnológico ou pela mudança de hábitos de uso, salienta (COSTA et al., 2013).

Discutem-se atualmente formas de se alcançar tal feito e a tecnologia está sendo uma forte aliada para isto. Com relação a energia elétrica não é diferente, inovações tecnológicas e novas práticas relacionadas a energia vêm sendo aderidas pelas empresas afim desde a obtenção de redução de custos até vantagem competitiva.

Abesco (2018) define eficiência energética como, “a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”. Partindo desse pressuposto, eficiência energética também pode ser entendida como, utilizar de modo eficiente à energia para obter um determinado resultado.

Segundo Costa et al. (2013), com o tempo o Brasil viu a necessidade de passar por um processo de conscientização no quesito utilização e gestão energética. A crise do petróleo de 1973 que foi um marco para o mundo se tratando de gestão energética, trouxe reflexos a diversos países, fazendo com que o país passasse a dar mais atenção e controlar melhor o setor. Costa et al. (2013),

ressalta também, que ao decorrer desse processo de conscientização, surge o Programa Nacional de Conservação de energia (Procel), no ano de 1985, executado pela Eletrobras, atendendo às diretrizes estratégicas do Ministério de Minas e Energia (MME).

Mello et al. (2013), faz uma abordagem dos requisitos do sistema de iluminação que influenciam na eficiência dos edifícios comerciais, de serviços e públicos, que constam no Programa Brasileiro de etiquetagem de Edificações (PBE Edificações), um relevante programa em favor da eficiência energética dos edifícios construídos no País. Alguns dos requisitos são:

- a) A densidade de potência de iluminação instalada ( $W/m^2$ );
- b) A existência de pelo menos um dispositivo de controle manual para acionamento independente da iluminação interna de cada ambiente fechado por paredes;
- c) A previsão de uso de luz natural em ambientes com aberturas voltadas para o exterior, para ser mais eficiente, possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias.

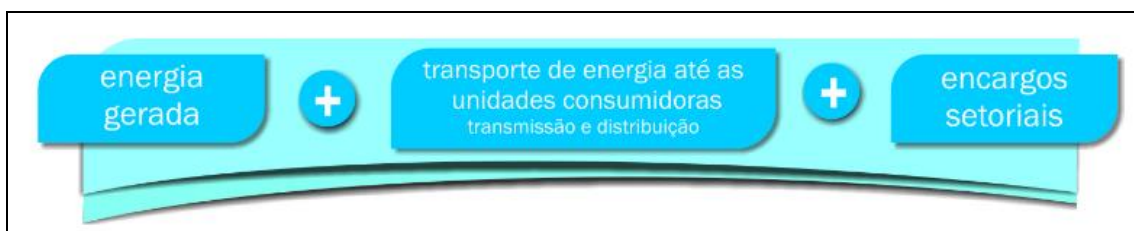
Esta abordagem procura aliar o fato de poder empregar a luz natural com sistemas de iluminação eficientes, como descreve (MELLO et al., 2013). Existem algumas práticas que ao serem adotadas podem gerar economia de energia. A secretaria de estado de energia do governo do estado de São Paulo (2018) descreve algumas delas:

- a) Desligar a iluminação que é estritamente decorativa;
- b) Instalar a iluminação de segurança apenas nos locais onde é exigida e procurar reduzi-la onde o problema de segurança é mínimo;
- c) Em salas de esperas substituir a iluminação geral forte por iluminação localizada, como por exemplo, em balcões de informação, mesas de recepção;
- d) Remover lâmpadas desnecessárias para proporcionar a iluminância desejada;
- e) Apagar as luzes quando sair da sala ou quando verificado que um ambiente se encontra vazio.

Por fim, é importante salientar que a ANEEL que regulamenta as políticas e diretrizes do Governo Federal em relação a utilização e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor. Cabe a agencia promover o uso eficaz e eficiente da energia elétrica (ANEEL, 2018).

## 2.4 TARIFAS RELATIVAS AO CONSUMO DE ENERGIA

As distribuidoras, para cumprir o compromisso de fornecer energia elétrica, têm custos que devem ser avaliados na definição das tarifas. Segundo a ANEEL (2016), a tarifa considera três custos distintos, que são energia gerada, transporte de energia e encargos setoriais, como pode ser visto na Figura 6.



**Figura 6 – Custos considerados pela tarifa**  
**Fonte: ANEEL (2016).**

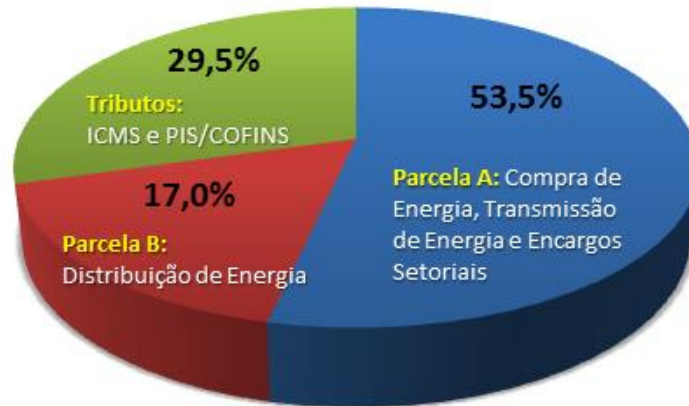
ANEEL (2016) destaca que, os Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de luz, além da tarifa, o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para iluminação Pública. O transporte de energia é dividido em dois segmentos, transmissão e distribuição, sendo que a transmissão entrega a energia distribuída e a distribuidora leva a energia ao consumidor final. Os encargos setoriais são instituídos por leis, alguns incidem sobre o custo da distribuição, outros estão inclusos nos custos de geração e transmissão.

Ao chegar à conta de energia ao consumidor, ele paga pela compra da energia entendido como custos do gerador, pela transmissão visto como custos da transmissora e pela distribuição, sendo os serviços prestados pela distribuidora, além de cargos setoriais e tributos (ANEEL, 2016).

Aneel (2016) descreve a representatividade dos custos, como pode ser visto



na Figura 7, mostrando que a maior parcela é referente aos custos de energia (53,3%), seguido dos custos com tributos (29,5%) e custos com tributação (17%).



**Figura 7 – Valor final da energia elétrica**  
Fonte: ANEEL (2016).

## 2.5 PLANEJAMENTO DOS RESÍDUOS

Santos et al. (2015) descreve o cuidado que se deve ter sobre as lâmpadas fluorescentes, pois estas utilizam mercúrio que pode ser acumulativo na cadeia trófica, tornando estes resíduos problemáticos, principalmente em casos que ocorre acumulação das lâmpadas fluorescentes quebradas.

A alternativa da utilização das lâmpadas de LED, segundo Santos et al. (2015) é interessante do ponto de vista ambiental, pois possuem características e possibilidades de descarte final de resíduos com LED produzido com materiais atóxicos ao meio ambiente, o que faz com que possa ser descartado sem a necessidade de uma destinação específica.

Marques (2017) descreve uma maneira de caracterizar o termo planejamento, como sendo uma forma de identificar um alvo específico, com a intenção de organizar e aplicar as melhores maneiras para atingi-lo. Com a iluminação sendo o alvo, esta será sujeita a estudos e analisada para se alcançar tais resultados desejados.

Existe um instituto Brasileiro voltado ao desenvolvimento de soluções que colaborem com o desenvolvimento sustentável, é o INBS (Instituto Brasileiro de

sustentabilidade). O InBS (2018) descreve que a ISO 26000 é indicada a todo tipo de organização e apresenta algumas dicas que podem ser adotadas por empresas que visam a melhoria organizacional, algumas delas são:

- a. Identificar os aspectos e impactos de suas decisões e atividades no seu entorno.
- b. Identificar as fontes de poluição e resíduos relativos às suas atividades.
- c. Medir, registrar e relatar suas fontes significativas de poluição, bem como a redução da poluição, consumo de água, geração de resíduos e consumo de energia.
- d. Implementar medidas de eficiência no uso de recursos para reduzir seu uso de energia, água e outros recursos, considerando indicadores de melhores práticas e outros padrões de referência.
- e. Complementar ou substituir recursos não renováveis, sempre que possível, por fontes alternativas sustentáveis, renováveis e de baixo impacto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, existe a necessidade de realizar a pesquisa em diferentes formatos para se obter conhecimento e base para escrever o trabalho. A natureza da pesquisa se dá como aplicada. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa aplicada tem o objetivo de gerar conhecimento por meio de uma aplicação prática, que no presente trabalho se dá por meio de uma mudança nos dispositivos de iluminação com a função de economia na fatura de energia mensal.

Como o projeto propõe tal mudança, a abordagem do problema tem caráter quantitativo. Há a necessidade de um levantamento deste molde, em relação às lâmpadas existentes no local, para ter a dimensão e quantidade exata das lâmpadas existentes no estabelecimento e suas características. Foram feitas também medições no que diz respeito a situação da iluminação de alguns locais do colégio. Quanto ao procedimento, classifica-se a pesquisa como estudo de caso.

As medições das condições de iluminação a princípio foram nas salas de aula apenas, no período noturno, com o intuito de saber se a mesma está dentro dos parâmetros exigidos em normas.

Aos objetivos, se enquadram no exploratório, pois são exploradas algumas informações do local, como por exemplo, procura de dados de fatura de energia. A obtenção das informações para a escrita foram via internet, livros, artigos e plataformas, para servir de base para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente foram feitas leituras e por meio destas, realização de citações de alguns autores no referencial teórico.

Para os cálculos, utilizou-se as normas sobre iluminação, como por exemplo, A NBR ISO 8995-1 (2013), a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018) e NBR15215-4 (2004), para obter quantidade de lâmpadas, informações de lux e lumens, como também utilização de aparelhos específicos como o luxímetro.

Segundo a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), um dos primeiros passos é realizar uma abordagem dos locais e das condições de trabalho, que no caso do presente estudo, são as salas de aula de um colégio estadual. Esta norma descreve a necessidade de identificar as atividades das áreas de trabalho com o intuito de mapear e definir os pontos de avaliação, como também descrever o sistema de iluminação utilizado, tipos de lâmpadas e suas características.

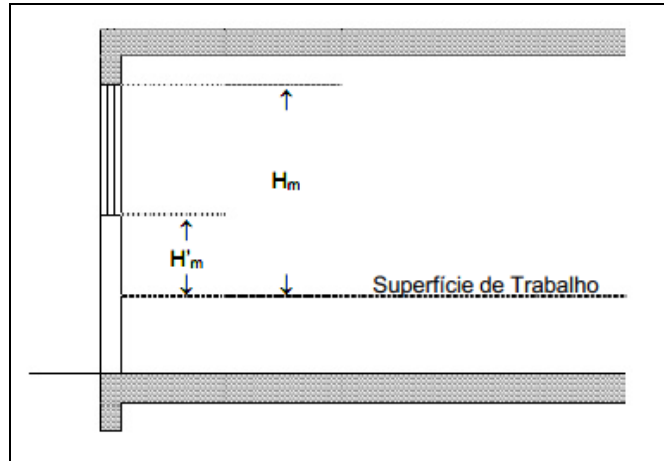
A princípio, foram realizadas visitas no colégio para fazer as medições de iluminância, podendo assim, ter as devidas dimensões de quantidades e características das lâmpadas de LED a serem instaladas. Foram realizadas em torno de oito visitas ao colégio durante o período de agosto de 2018 a maio de 2019, englobando pré-projeto e projeto final.

As medições foram realizadas por meio de aparelhos específicos. Um aparelho luxímetro foi utilizado para obtenção de informações de iluminação, essenciais para mensuração de dados já citados anteriormente (Figura 8). O luxímetro, segundo Bertulucci (2018), também é chamado de medidor de luz e tem a função de medir a intensidade da iluminação de forma precisa.



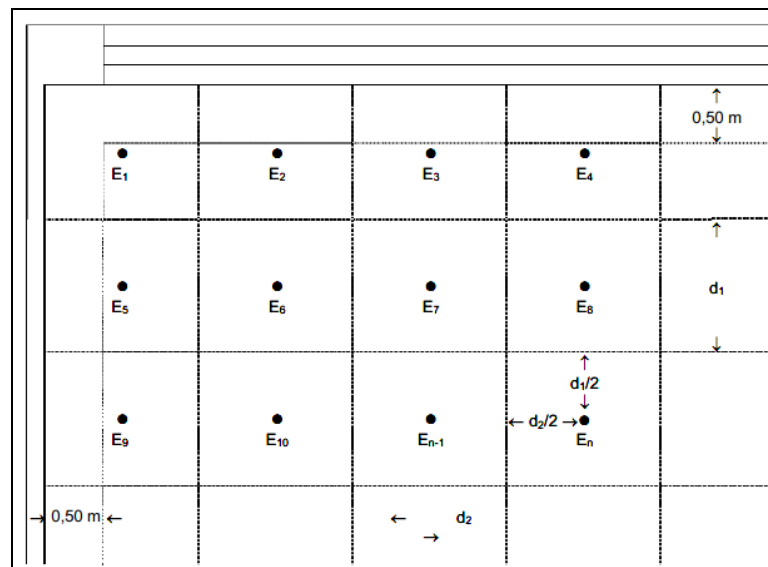
**Figura 8 – Luxímetro**  
**Fonte: Fotografado pelo autor (2018).**

Para fim de cálculos, utilizou-se da NBR15215-4 (2004), a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), como também o Tutorial de iluminância e cálculo luminotécnico – (NBR5413), de forma que foram abordados alguns cálculos como, por exemplo, quantidade de pontos para verificação do nível de iluminação que deverá conter na malha de pontos de medições. Para realização da malha, é necessário obter algumas medidas da sala de aula, como largura (em metros), o comprimento (em metros) e a distância vertical (em metros), entre a superfície de trabalho e o topo da janela (em metros). Em relação a superfície de trabalho, como pode ser visto na Figura 9, são consideradas as carteiras utilizadas pelos alunos, que são o meio onde fazem as atividades em sala.



**Figura 9 – Distância (m) entre a superfície de trabalho e topo da janela**  
**Fonte: NBR15215-4 (2004).**

Para determinação das malhas, esquematizado na Figura 10, a NBR15215-4 (2004) salienta que o ambiente interno deve ser dividido em áreas iguais e, a iluminância  $E$  é medida no centro de cada área. Pontos muito próximos às paredes devem ser evitados, a norma recomenda um afastamento de no mínimo de 0,50m. Uma trena foi utilizada para obter as dimensões reais da sala de aula, de modo que foram medidos a largura e comprimento da mesma.



**Figura 10 – Malha de pontos para medição**  
**Fonte: NBR15215-4 (2004).**

Depois de obtidas as dimensões da sala e mensurar a quantidade de pontos para obtenção da malha de pontos de medições, utilizou-se o luxímetro para medir

a quantidade de lux de cada ponto da malha. Desenhos e esboços foram feitos para auxiliar o entendimento da prática. Após ter os resultados de cada ponto, foi necessário fazer a média de todas as medidas em lux, de modo que a média é obtida por meio da divisão da soma de todas as medidas de cada ponto da malha pela a quantidade de pontos da.

O resultado adquirido por meio da média pode ser comparado com normas que apresentam quais as referências adequadas para cada local. Segundo a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), as salas de aula se enquadram no item construções educacionais, de modo que estas devem apresentar 500 lux, já que as medições foram realizadas em período noturno.

O software MS Excel® foi utilizado, de modo que, com as planilhas, possibilite a realização de cálculos de consumo, estimar o tempo de utilização diário dos aparelhos e lâmpadas do estabelecimento, obter gráficos com os dados de gasto de energia, como enxergar seu comportamento, quando forem realizados para identificar os meses de maiores e menores consumos.

Para mensurar a quantidade de energia consumida dos aparelhos do colégio bem como o custo do funcionamento destes, foram utilizadas a Equação 1, para determinar a Energia em (W.h) e Equação 2, para calcular o custo em R\$, levando em conta a tarifa.

$$E(W.h) = P(W).T(h) \quad (1)$$

$$Custo (R\$) = E(kWh).Tarifa \left( \frac{R\$}{kW.h} \right) \quad (2)$$

Por meio do *Software*, para obtenção da quantidade de economia alcançada, realiza-se a subtração entre a quantia gasta com iluminação das lâmpadas existentes no estabelecimento e a quantia gasta com as lâmpadas propostas, ambas em reais, como na Equação 3.

$$Economia (R\$) = gasto (R\$) lâmpadas existentes - gasto (R\$) lampadas de LED \quad (3)$$

Levando em conta o valor da aquisição das lâmpadas propostas, este por

meio de orçamentos e conhecendo a economia obtida mensal, é possível saber em quanto tempo pode-se começar a ter retorno financeiro, de modo que a somatória do valor economizado mês a mês com a troca das lâmpadas, for maior que o valor gasto na compra delas, como na Condição 1. A obtenção de retorno financeiro acontece na medida em que.

$$\Sigma(\text{economia mensal (R\$)}) > \text{Gasto de aquisição (R\$)} \quad (1)$$

Para a realização deste trabalho, foram levantados os preços de alguns modelos de lâmpadas de LED, mantendo a mesma iluminância instalada, para tanto, pesquisou-se sites do setor de iluminação, utilizados para coletar as informações desejadas, como também em lojas físicas que trabalham com materiais e dispositivos de iluminação, para saber quanto será necessário investir para adquirir os dispositivos de iluminação propostos.

Fez-se necessário também, consultas em sites específicos, como o da Secretaria da Educação do estado onde se localiza o estabelecimento, como também a busca de informações por meio da Copel para mensurar a quantidade de energia gasta mensalmente, para posteriormente fazer os gráficos de consumo. Sendo assim com esses dados, desejou-se saber o comportamento das faturas de energia mês a mês em um período de um ano, como comparar os meses de maiores gastos de energia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de mensurar os resultados financeiros que a substituição das lâmpadas traria, o estudo foi realizado em um colégio estadual, sendo possível conhecer a economia de energia elétrica consumida mensalmente pelo estabelecimento de ensino.

Por meio da análise das trocas das lâmpadas existentes pelos novos modelos, pôde-se conhecer mais sobre o setor, como normas de iluminação, importância de um projeto bem estruturado e utilização do avanço tecnológico a favor do estabelecimento estudado, isto, com o emprego das lâmpadas de LED. Estes dispositivos possuem características essenciais que as diferenciam de demais modelos de lâmpadas utilizadas antes dela, como por exemplo não esquentar e não atrair mosquitos.

Para saber a situação da iluminação do colégio, levantaram-se os valores de iluminância das lâmpadas fluorescentes que existiam à época da pesquisa. O levantamento foi realizado por meio de visitas ao colégio juntamente a um funcionário do estabelecimento. Com o auxílio de uma folha de anotações, foram verificados cada sala como também demais lugares, a fim de conhecer as características luminotécnicas do local.

### 4.1 INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS E CARACTERÍSTICAS LUMINOTÉCNICAS DO COLÉGIO

Inicialmente realizou-se o levantamento dos espaços utilizados para o funcionamento da escola, identificando as salas de aula, pois somente estas foram sujeitas a estudos em relação a proposta de substituição dos modelos de lâmpadas. Como pode ser visto na Tabela 5, a instituição conta com 10 salas de aula.

Foram averiguadas as quantidades de lâmpadas em cada sala de aula e local específico do estabelecimento. As lâmpadas do estabelecimento variam desde os modelos tubulares até modelos de espiral. Em relação às salas de aula, foi verificado que estas possuem 6 luminárias em cada sala, onde cada luminária



possui 2 lâmpadas, logo, cada sala possui 12 lâmpadas, totalizando 120 lâmpadas nas 10 salas.

**Tabela 5:** Distribuição de lâmpadas pelos diversos espaços do colégio

Local	Quantidade de espaços	Lâmpadas por espaço	Total de lâmpadas por espaço
1. Salas de aula	10	12	120
2. Salas de apoio	2	7	14
3. Sala administrativa	1	32	32
4. Laboratório de informática	1	12	12
5. Banheiros	5	4	20
6. Sala de vídeo	1	16	16
7. Biblioteca	1	16	16
8. Quadra	2	22	44
<b>Total</b>	<b>24</b>		<b>274</b>

Fonte: Autoria própria

Após o levantamento quantitativo das lâmpadas das salas de aula do colégio, foram verificadas as condições luminotécnicas destes locais, como também buscou-se mensurar o tempo que as lâmpadas ficam acesas por dia, em horas, essa mensuração foi possível com auxílio de um funcionário do colégio.

Foi verificado que as salas de aula são utilizadas somente em dias úteis (segunda-feira a sexta-feira), logo a iluminação foi mensurada levando em conta este fator. O MS Excel® foi utilizado, de modo que as informações foram colocadas em planilha para melhor entendimento, como pode ser visto na Figura 11.

Períodos	Tempo em Horas (Intervalo de um dia útil)															Total horas por período				
	7h30	8h	9h	10h	11h	12h	13h	13h30	14h	15h	16h	17h30	18h	19h	20h		21h	22h		
Manhã	■																		4h30	
Tarde							■													4h
Noite															■				3h	
Total horas por dia útil																		11h30		

**Figura 11 – Tempo de funcionamento das lâmpadas por turno**

Fonte: Autoria própria

Por meio da Figura 11, pode-se verificar que, no período da manhã as salas de aula tem em pleno funcionamento as luzes acesas por um tempo de 4h30. A tarde, o funcionamentos das lampadas duram em torno de 4h e no período noturno, de 3h, totalizando 11h30 minutos acesas por dia.

Em relação às condições luminotécnicas, estas foram realizadas seguindo

padrões de medições e cálculos da NBR15215-4 (2004). As medições foram realizadas a noite, chegou-se a esta conclusão, pois se pensa em um pior cenário, de modo que ao ser medido a iluminância, não ter-á existência de luz natural externa. Primeiramente foi necessário medir as salas de aula, obtendo a largura e comprimento, informações necessárias para confecção das malhas, onde o ambiente interno deve ser dividido em áreas iguais como descreve a norma NBR15215-4 (2004). Para saber a quantidade de pontos necessários para verificação a norma indica uma equação (4).

$$K = \frac{C \cdot L}{Hm \cdot (C + L)} \quad (4)$$

Onde:

- L é a largura do ambiente, em metros;
- C é o comprimento do ambiente, em metros;
- Hm é a distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros.

Após verificação das medidas, foi averiguado que as salas apresentavam as seguintes dimensões, observadas na Tabela 6.

**Tabela 6: Dimensões das salas de aula**

	Salas 1, 2 e 3	Salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10
Comprimento	7,88m	7,41m
Largura	5,90m	5,46m
Hm	1,40m	1,90m

**Fonte: Aatoria própria**

Logo, para saber a quantidade mínima de pontos (K), utilizando a equação 4, chegou-se ao valor de K= 2,4 para as salas 1, 2 e 3, sendo necessários 25 pontos e K= 1,65, para as salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sendo necessários 16 pontos. Estas conclusões foram tomadas de acordo com a norma NBR15215-4 (2004), como pode ser observado na Tabela 7.

**Tabela 7: Quantidade mínima de pontos a serem medidos**

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR15215-4 (2004)

Sabendo o número mínimo de pontos, com os respectivos valores de K obtidos anteriormente foi possível ter dimensão dos pontos que compuseram a malha. Com a ajuda de um rascunho para realização de desenhos, foram feitos esboços das salas, com ela sendo dividida com as áreas iguais e respeitando o que a norma relata, que a área onde os pontos devem estar para serem verificados deve ficar 0,50m distantes das paredes.

Então, com a utilização do luxímetro, que mede a iluminância em lux e a atividade de verificação provida de uma trena, foi posicionado o luxímetro a cada ponto, seguindo os emboços e valores encontrados em cálculos, e anotados em um quadro na própria folha de rascunho os resultados que o luxímetro apresentava. Na Figura 12 pode-se ver o aparelho utilizado para as medições.



**Figura 12 – Luxímetro para obtenção das medidas**  
 Fonte: Fotografado pelo autor (2019).

Após realizar cada medida em lux dos pontos, foi realizado uma média destes

valores, somando as medidas encontradas pelo luxímetro e as dividindo pelo número de pontos (25 pontos para as salas 1, 2 e 3; e 16 pontos para as salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10). Na Figura 13, pode-se ver as lâmpadas em funcionamento no período noturno.



**Figura 13 – Sala de aula – Lâmpadas acesas em período noturno**  
**Fonte: Fotografado pelo autor (2019).**

Ao realizar visitas nas 10 salas de aula, verificou-se que em algumas delas havia lâmpadas queimadas. Na Tabela 8 pode-se ver a quantidade de lâmpadas queimadas por sala.

**Tabela 8: Quantidade de lâmpadas queimadas encontrada em cada sala**

Sala	Nº de lâmpadas queimadas
1	1
2	0
3	1
4	2
5	2
6	1
7	0
8	2
9	0
10	0

**Fonte: Autoria própria**

Após realização de medições de iluminância das 10 salas de aula, chegou-se

aos valores (lux) conforme podem ser observados nas Tabelas 9, 10 e 11.

**Tabela 9: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 1, 2 e 3**

Sala1		Sala 2		Sala 3	
Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)
1	99	1	225	1	237
2	179	2	301	2	310
3	250	3	287	3	350
4	253	4	270	4	330
5	211	5	201	5	217
6	216	6	364	6	303
7	264	7	451	7	365
8	421	8	455	8	426
9	399	9	416	9	365
10	302	10	286	10	266
11	242	11	333	11	230
12	314	12	427	12	328
13	405	13	423	13	369
14	368	14	380	14	356
15	286	15	256	15	238
16	290	16	311	16	180
17	341	17	424	17	277
18	387	18	484	18	360
19	339	19	407	19	355
20	286	20	235	20	274
21	187	21	198	21	116
22	202	22	251	22	167
23	214	23	257	23	213
24	217	24	220	24	216
25	176	25	143	25	168
<b>Média</b>	<b>273,92</b>		<b>320,2</b>		<b>280,64</b>

Fonte: Autoria própria

Tabela 10: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 4, 5 e 6

Sala4		Sala 5		Sala 6	
Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)
1	202	1	210	1	142
2	422	2	318	2	250
3	420	3	313	3	259
4	230	4	204	4	152
5	244	5	246	5	201
6	433	6	384	6	313
7	422	7	357	7	311
8	233	8	187	8	206
9	245	9	241	9	242
10	343	10	423	10	385
11	209	11	366	11	395
12	150	12	140	12	237
13	190	13	260	13	174
14	221	14	325	14	266
15	152	15	256	15	259
16	115	16	104	16	165
<b>Média</b>	<b>264,44</b>		<b>270,88</b>		<b>247,31</b>

Fonte: Autoria própria

Tabela 11: Medições realizadas com o luxímetro nas salas 7, 8, 9 e 10

Sala7		Sala 8		Sala 9		Sala 10	
Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)	Pontos	Medida (lx)
1	115	1	148	1	97	1	168
2	316	2	197	2	281	2	377
3	323	3	204	3	310	3	337
4	164	4	103	4	161	4	150
5	161	5	215	5	145	5	233
6	394	6	283	6	387	6	464
7	432	7	315	7	408	7	428
8	201	8	133	8	194	8	172
9	151	9	253	9	180	9	250
10	393	10	414	10	359	10	477
11	417	11	398	11	385	11	431
12	294	12	117	12	202	12	170
13	172	13	300	13	133	13	249
14	304	14	335	14	315	14	357
15	333	15	295	15	337	15	320
16	180	16	102	16	185	16	126
<b>Média</b>	<b>271,88</b>		<b>238,25</b>		<b>254,94</b>		<b>294,31</b>

Fonte: Autoria própria

Os dados das Tabelas 9, 10 e 11 são referentes a medições realizadas no período noturno, pois o objetivo era mensurar as condições luminotécnicas

artificiais. Como pode ser observado, as salas apresentaram média de iluminância abaixo que a norma Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), sugere, de 500 lux. Para tanto, procurou-se saber o porquê de a média estar abaixo dos padrões estabelecidos por norma, e então, foi realizado uma análise mais detalhada, agora em relação ao número de luminárias.

Para continuidade do trabalho estipulou-se duas situações, pois foram analisados dois panoramas como visto na Tabela 12.

**Tabela 12: Resumo dos panoramas analisados**

Panorama 1	Panorama 2
Mensuração de consumo em kWh, gasto em reais e viabilidade considerando as condições existentes no colégio, mesmo com médias inferiores das sugeridas por norma.	Mensuração de consumo em kWh, gasto em reais e viabilidade considerando uma alteração na quantidade de luminária, para que a iluminação se enquadre nas normas (500 lux).

**Fonte: Autoria própria**

Em outras palavras, o panorama 1, é em relação a utilização das mesmas condições luminotécnicas já existentes, sem alterar a quantidade de luminárias e lâmpadas, e o panorama 2, a realização de um ajuste nas condições luminotécnicas alterando a quantidade de luminárias necessárias para as salas se enquadrarem na norma.

Para ter mais propriedade em relação aos resultados, realizou-se o cálculo do número de luminárias para o espaço, considerando este, as salas de aula. A Equação (5) utilizada foi obtida do Tutorial de Iluminância e Calculo Luminotécno de acordo com as normas da ABNT (NBR5413). Este é uma análise do panorama 2, pois os resultados que essa análise traz, foram utilizados ao decorrer do trabalho.

$$N = \frac{E \times S}{\varphi \times FU \times FM} \quad (5)$$

Onde

- N é a quantidade de luminárias;
- E é a iluminância desejada;
- S é a área do local;

- $\phi$  fluxo da luminária= Fluxo luminoso da lâmpada x quantidade de lâmpadas por luminária;
- FU é o fator de utilização;
- FM é o Fator de manutenção.

Com o intuito da verificação para encontrar o N (Numero de luminárias), foram utilizados os seguintes valores, respeitando a Norma ABNT(NBR5413).

- E** é a iluminância desejada (500), pois este é o valor sugerido pela Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), quando se aborda salas de aula em períodos noturnos;
- S** é a área do local: 46,5m<sup>2</sup> para as salas (1, 2 e 3) e 40,5m<sup>2</sup> para as salas (4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10);
- $\phi$**  é o Fluxo da luminária= 1850 Lúmens x 2= 3700 Lúmens, (1850 Lúmens foram à média dos fluxos luminosos das três lâmpadas analisadas para cálculo, os detalhes podem ser vistos a diante);
- FU** é o fator de utilização: Em função de (K), já abordado anteriormente no trabalho, levou-se em consideração o índice de reflexão do teto, parede e piso, mensurando se estes são branco, claro, médio ou escuro, sendo considerado teto 70, parede 30 e piso 10 e posteriormente por meio destes dados encontrarem-se o fator de utilização baseado na Tabela 13;
- FM** é o fator de manutenção: Mensurado se o ambiente é limpo, médio ou sujo, adotou-se como sendo limpo (0,9), pode ser visto na Tabela 14.

**Tabela 13: Fator de utilização**

	<b>Branco</b>	<b>Claro</b>	<b>Médio</b>	<b>Escuro</b>
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

Fonte: Tutorial de Iluminância e Calculo Luminotécno (NBR5413)



**Tabela 14: Fator de manutenção**

Ambiente	Limpo	Médio	Sujo
Fator de manutenção (FM)	0,9	0,8	0,6

Fonte: Tutorial de Iluminância e Calculo Luminotécno (NBR5413)

Para obtenção do Fator de utilização, foi necessário encontrar informações referentes a uma luminária em específico. Foi adotada a luminária 3530 de sobrepor, cuja fonte foi o Catálogo Geral de Produtos da empresa Luzes Iluminação (nome fictício para garantir sigilo publicitário), pois após avaliação das luminárias do colégio, esta foi a que mais se aproximou do modelo existente no estabelecimento. As informações da luminária, podem ser visualizadas na Tabela 15.

**Tabela 15 – Informações Fator de Utilização - luminária 3530**

TETO	70	50	30	0					
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)		10			10			10	0
Kr	FATOR DE UTILIZAÇÃO (X 0.01)								
0.60	35	29	24	34	28	24	28	24	23
0.80	42	36	32	41	36	31	35	31	30
1.00	49	42	38	47	42	38	41	37	35
1.25	54	49	44	53	48	44	47	43	41
1.50	59	53	49	57	52	48	51	48	46
2.00	65	60	57	63	59	56	58	55	53
2.50	69	65	62	67	64	61	63	60	58
3.00	72	68	65	70	67	65	66	64	62
4.00	75	73	70	74	71	69	70	68	66
5.00	78	75	73	76	74	72	72	71	69

Fonte: Adaptado de Catálogo Geral de Produtos (2019).

Considerando os dados utilizados de cada variável e em relação ao Fator de utilização, teto sendo 70, parede sendo 30 e piso 10, como já mensurado anteriormente, e resgatando os valores de K já encontrados no presente trabalho referente as salas 1, 2 e 3 que foi  $K= 2,4$  e as salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 que foi de  $K= 1,65$ , encontraram-se valores aproximados de  $FU= 0,64$  para as salas 1, 2 e 3 e  $FU= 0,58$  para as salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Para as salas 1, 2 e 3, chegou-se ao resultado de 10,9 luminárias, como visto no cálculo utilizando a Equação (5), ou seja, arredondando necessitaria de 11 luminárias com duas lâmpadas cada, totalizando 22 lâmpadas nas três respectivas salas.

$$N = \frac{500 \times 46,5}{3.700 \times 0,64 \times 0,9} = 10,9$$

Para as salas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 chegou-se ao resultado de 10,4, como visto no cálculo utilizando a Equação (5), considerou-se para este caso 10 luminárias necessárias com duas lâmpadas cada, totalizando 20 lâmpadas. Optou-se em arredondar para 10 luminárias visando economizar energia elétrica, visto que a iluminação ficaria próxima a recomendada pela norma.

$$N = \frac{500 \times 40,5}{3.700 \times 0,58 \times 0,9} = 10,4$$

No geral contabilizando as 10 salas seriam necessárias 206 lâmpadas de LED de 20W. Desta forma após esta análise por meio do panorama 2, aumenta-se as luminárias, logo aumenta-se a quantidade de lâmpadas. O objetivo foi encontrar a alteração certa para se enquadrar na norma. O resultado encontrado de 206 lâmpadas será utilizado mais adiante para continuidade da abordagem do segundo panorama.

#### 4.2 ORÇAMENTO DE LÂMPADAS DE LED

Por meio de orçamentos realizados para verificação dos preços das lâmpadas de LED, foram verificados três preços, sendo eles, R\$16,80, R\$18,78 e R\$25,30. Estes valores foram encontrados junto aos sites das empresas A, B e C (nomes fictícios para garantir sigilo), respectivamente, com a variação devido às marcas serem distintas. Realizou-se a média dos valores, os somando e dividindo por três, que resultou em R\$20,29, de modo que este valor será utilizado ao longo do trabalho.

INMETRO (2018), descreve que, uma lâmpada fluorescente de 15W equivale a uma lâmpada de LED de 9W. As salas de aula do colégio do presente estudo são providas de 12 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W, de modo que, ao todo

são 10 salas.

Atendendo o panorama 1, sem alterar as condições luminotécnicas do colégio, para respeitar a equivalência do fluxo luminoso descrito por INMETRO (2018), levando em consideração que as lâmpadas fluorescentes existentes no estabelecimento são de 32W, seguindo a mesma proporção já mensurada, chegou-se ao resultado de 19,2W de modo a manter a quantidade de luz semelhante oferecido pelas lâmpadas existentes.

Pelo fato de as empresas que comercializam lâmpadas não trabalharem com a potência não inteira de 19,2W, adotou-se a potência de 20W, para os cálculos e proposta de substituição. Logo, identificou-se a necessidade de aquisição de 120 lâmpadas de LED de 20W (panorama 1). Na Figura 14, pode-se observar o modelo de lâmpada desejada para a proposta de substituição.



**Figura 14 – Lâmpada de LED desejada para substituição**  
Fonte: Empresa B, (2019).

Considerando o panorama 1, o gasto com a aquisição das lâmpadas de LED foi de R\$2.434,80, levando em conta o valor adotado de R\$20,29, como explicado anteriormente e a quantidade de 120 lâmpadas, resulta-se no cálculo a seguir, visto na Equação (6).

$$\text{Gasto com aquisição} = \text{Quantidade de lâmpadas} \times \text{Preço cada lâmpada} \quad (6)$$

$$\text{Gasto com aquisição} = 120 \times R\$20,29 = R\$2.434,80$$

Levando em conta o panorama 2, que seriam necessárias 206 lâmpadas, o resultado foi de R\$4.179,74, no qual foi utilizada a Equação (6).

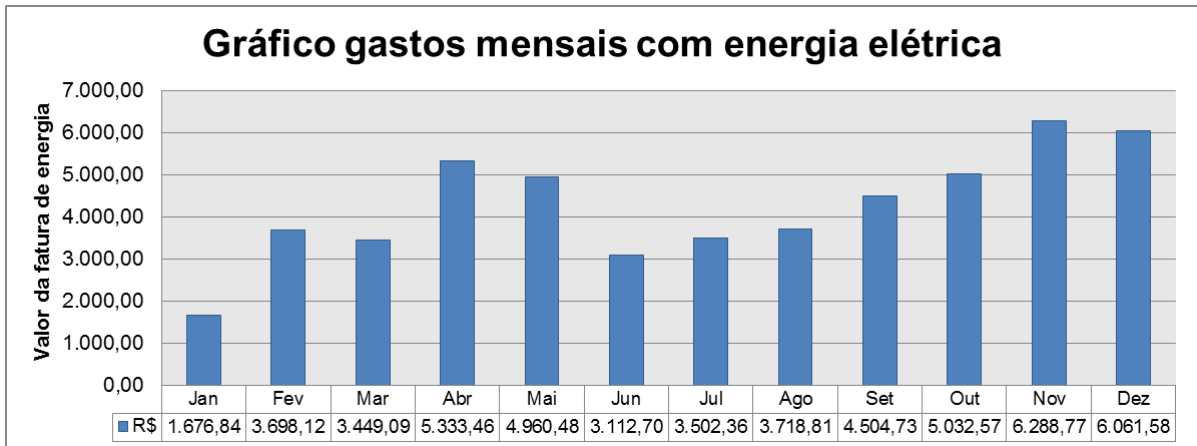
$$\text{Gasto com aquisição} = 206 \times R\$20,29 = R\$4.179,74$$

### 4.3 GASTOS TOTAIS COM ENERGIA ELÉTRICA

Foram mensurados os gastos totais de energia elétrica do estabelecimento para se ter uma dimensão mais ampla dos dados. Como já definido, o foco do estudo foi às salas de aula apenas, mas poderia mensurar o gasto de uma maior parte da iluminação do colégio, a diferença é que seriam levadas em conta as demais lâmpadas do local, como Laboratório de informática, salas administrativas, banheiros, biblioteca, entre outros.

Por meio do site da Secretaria da Educação, o Portal Educacional do Estado do Paraná e a Copel, foi possível verificar o gasto (em reais) de energia mensal do estabelecimento. Neste portal podem-se pesquisar estabelecimentos dos diversos ramos do estado do Paraná. Para encontrar o estabelecimento desejado, o site apresenta um filtro de pesquisa de modo que foi possível encontrar o colégio e coletar as informações necessárias sobre os gastos mensais.

Os valores gastos mensalmente com energia foram coletados a fim de mensurar graficamente o comportamento de consumo da escola; quanto oscilam, e suas respectivas variações. Os dados são do ano 2018 e na Figura 15 pode ser visto o gráfico com os dados mensais do gasto de energia no colégio.

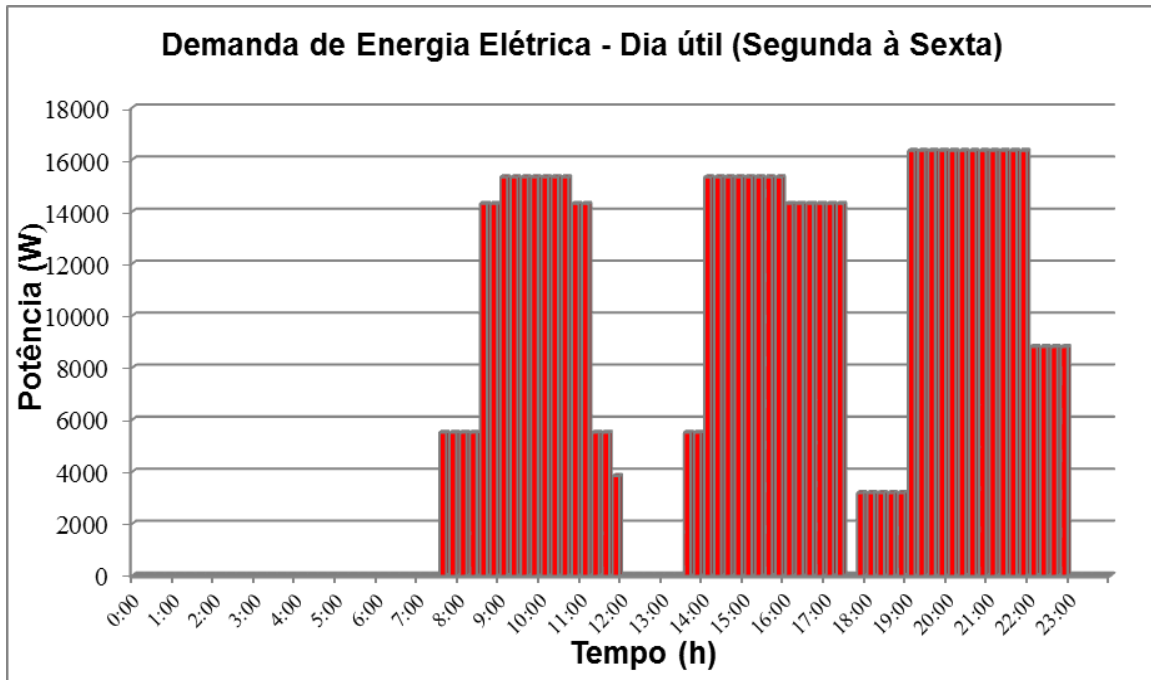


**Figura 15 – Gráfico da distribuição de gastos com energia mensal (em R\$)**  
**Fonte: Portal dia a dia Paraná e Copel (2019).**

Os gastos com energia do estabelecimento variaram de R\$1.676,80 a R\$6.288,77. Somente com iluminação, após mensurações realizadas por meio do Software MS Excel®, considerando a maior hipótese de utilização de lâmpadas acesas durante o mês, o valor gasto encontrado foi de aproximadamente R\$2.172,96, como pode ser visto em dados seguintes mostrados na Tabela 17, ou seja, a iluminação equivale a uma considerável parcela na conta de energia do colégio estadual.

Como é um local de estudo e atividades de leitura, antes mesmo das simulações, esperava-se que a iluminação representasse grande parte dos gastos. Com isto, na medida em que se avançava o estudo, criou-se expectativa da relevância que teria o trabalho desenvolvido para a obtenção de economia de energia mensal na troca das lâmpadas fluorescentes do colégio pelas lâmpadas de LED.

Neste contexto foram gerados gráficos da demanda de energia elétrica, deste modo podem-se observar os horários onde se tem picos com maiores demandas. Na Figura 16, observa-se a demanda de energia elétrica em potência (W).

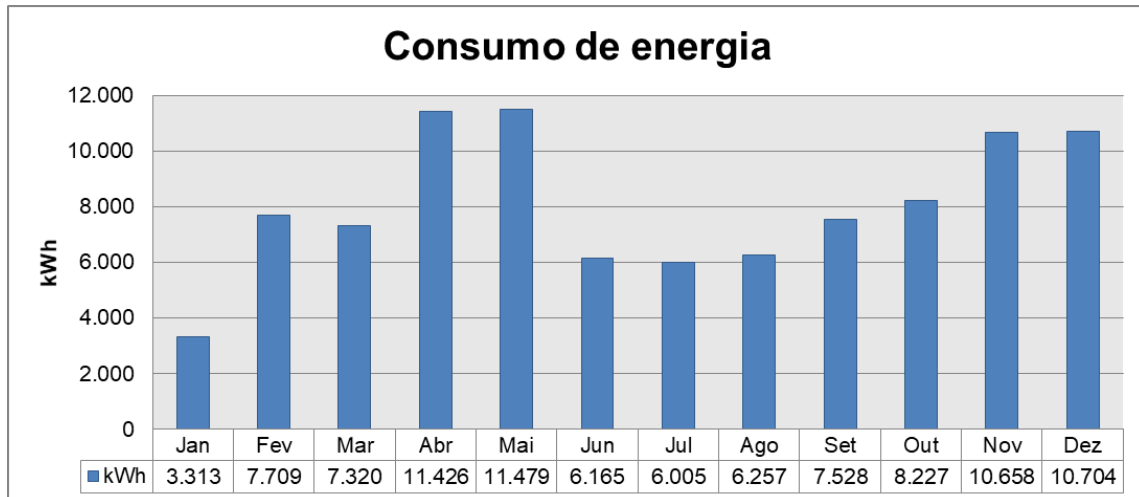


**Figura 16 – Gráfico de demanda de energia elétrica dia útil (em potência)**  
**Fonte: Autoria própria**

Pode-se ver por meio da Figura 16, que existe uma considerável utilização da iluminação nos períodos da manhã, tarde e noite, com exceção do horário de almoço, de modo que a iluminação é quase completamente desligada e volta a ser utilizada a partir das 13h30, quando reiniciam as atividades didáticas. Na Figura 16, foi observado que, no período noturno, por exemplo, todos os equipamentos de iluminação somam juntos mais de 16.000 W.

Foi averiguado que a noite é o período em que existe o maior pico de utilização da iluminação do colégio, pois quase todos os locais do estabelecimento estão com as lâmpadas acesas, como salas, corredores e a quadra de esportes. De dia a demanda de utilização da iluminação é um pouco menor porque não necessariamente precisam estar ligadas as lâmpadas dos corredores por exemplo. A luz natural do dia se encarrega de parte da iluminação, ao contrário do período noturno em que é necessário maior quantidade de lâmpadas em funcionamento.

Na Figura 17, é possível observar o comportamento gráfico dos dados de consumo de energia no período de um ano. O consumo é referente a energia total do estabelecimento, incluso todos aparelhos, lâmpadas, equipamentos, entre outros utensílios que consomem energia. Desta forma pode-se ter dimensão do consumo total do colégio em kWh. O ano dos dados coletados foi de 2018.



**Figura 17 – Gráfico do consumo de energia da escola no ano de 2018 (kWh)**  
**Fonte: Portal dia a dia Paraná e Copel (2019).**

#### 4.3.1 Dados somente com iluminação de todos os espaços do colégio

Foi mensurado o consumo em kWh referente a iluminação de todos os locais do colégio. A intenção com estes dados é ter um panorama geral do gasto somente com iluminação antes de analisar as salas de aula. Neste momento leva-se em consideração informações da iluminação já existente no colégio, com lâmpadas fluorescentes.

Foi verificado na fatura adquirida por meio da Copel, que o valor da tarifa no período da pesquisa era de 0,55925 (R\$/kWh). Com a utilização da planilha do MS Excel® foi verificado o consumo por dia da semana de toda a iluminação do colégio.

Considerando o mês com quatro sábados, quatro domingos e vinte e dois dias de meio de semana (segunda a sexta). Multiplicando o consumo pelo número de dias, obtém-se os seguintes resultados como pode ser visto na Tabela 16.

**Tabela 16: Consumo por dias da semana em (kWh) com iluminação**

Dias	Consumo cada dia	Quantidade de dias no mês	Total Consumo
Aos Sábados	52,8 kWh	4	211,20 kWh
Aos domingos	0,00 kWh	4	0,00 kWh
De segunda a sexta	167,013 kWh	22	3.674,29 kWh
Total	219,813 kWh	30	3.885,49 kWh

**Fonte: Autoria própria**

Por meio da Tabela 17 pode-se acompanhar o gasto (R\$) referente à iluminação, totalizando R\$2.172,96, já considerando os dias de final de semana em que a iluminação não é utilizada com a mesma intensidade do que os 22 dias de segunda a sexta. Estes valores são referentes a um período mensal.

**Tabela 17: Total gasto mensal em (R\$) apenas com iluminação**

Dias	Consumo
Aos Sábados	118,11 R\$
Aos domingos	0,00 R\$
De segunda a sexta	2.054,84 R\$
<b>Total</b>	<b>2.172,96 R\$</b>

**Fonte: A autoria própria**

#### 4.3.1.1 Somente iluminação já existente das salas de aula

Depois de conhecer o panorama de consumo em (kWh) e gasto em (R\$) com a iluminação de todos os locais do colégio, mensurou-se os valores apenas considerando as salas de aula, que é o foco da pesquisa, como pode ser visto na Tabela 18.

Aos finais de semana a iluminação das salas de aula não é utilizada, portanto consideram-se apenas os dias de semana que ao todo em um mês são 22 dias (segunda a sexta). Os valores das tabelas são referentes às lâmpadas fluorescentes já existentes no colégio.

**Tabela 18: Consumo total mensal em (kWh) com iluminação das salas de aula**

Dias	Consumo	Quantidade de dias do mês	Total Consumo
Aos Sábados	0,00 kWh	4	0,00 kWh
Aos domingos	0,00 kWh	4	0,00 kWh
De segunda a sexta	44,160 kWh	22	971,52 kWh
<b>Total</b>	<b>44,160 kWh</b>	<b>30</b>	<b>971,52 kWh</b>

**Fonte: A autoria própria**

A Tabela 19 aborda o gasto em R\$ referente à iluminação apenas das salas de aula, já considerando os 22 dias de segunda a sexta no período de um mês. O gasto encontrado foi de R\$543,52. Lembrando que ao todo são 10 salas de aula,



providas de 12 lâmpadas cada, totalizando 120 lâmpadas.

**Tabela 19: Total gasto mensal em (R\$) com iluminação das salas de aula**

Dias	Consumo
Aos Sábados	0,00 R\$
Aos domingos	0,00 R\$
De segunda a sexta	543,52 R\$
Total	543,52 R\$

**Fonte: Aatoria própria**

#### 4.3.1.2 Dados referentes à iluminação com lâmpadas de LED

Nas tabelas 20 e 21, são mensurados o consumo em kWh e gasto em R\$ respectivamente, referentes à utilização de lâmpadas de LED, ou seja, com a substituição de um modelo pelo outro, qual impacto traria aos dados. O gasto encontrado foi de R\$339,58. O valor encontrado se enquadra no panorama 1, em que foram mensurados os gastos com lâmpadas de LED respeitando as mesmas condições atuais do colégio.

**Tabela 20: Consumo total mensal em (kWh) iluminação (LED) salas de aula – panorama 1**

Dias	Consumo	Quantidade de dias do mês	Total Consumo
Aos Sábados	0,00 kWh	4	0,00 kWh
Aos domingos	0,00 kWh	4	0,00 kWh
De segunda a sexta	27,600 kWh	22	607,20 kWh
Total	27,600 kWh	30	607,20 kWh

**Fonte: Aatoria própria**

**Tabela 21: Total gasto mensal em (R\$) apenas iluminação (LED) salas de aula – panorama 1**

Dias	Consumo
Aos Sábados	0,00 R\$
Aos domingos	0,00 R\$
De segunda a sexta	339,58 R\$
Total	339,58 R\$

**Fonte: Aatoria própria**

Realizando uma abordagem somente com iluminação de sala de aula, com

lâmpadas de LED, mas agora adotando o panorama 2, com 206 lâmpadas, para que desta forma cumpra o que se pede nas normas, como por exemplo, a norma Higiene Ocupacional NHO 11 (2018), o consumo pode ser visto na Tabela 22 e o gasto pode ser observado na Tabela 23.

**Tabela 22: Consumo total mensal em (kWh) com iluminação (LED) salas de aula – panorama 2**

Dias	Consumo	Quantidade de dias do mês	Total Consumo
Aos Sábados	0,00 kWh	4	0,00 kWh
Aos domingos	0,00 kWh	4	0,00 kWh
De segunda a sexta	47,380 kWh	22	1042,36 kWh
Total	47,380 kWh	30	1042,36 kWh

Fonte: Autoria própria

**Tabela 23: Total gasto mensal em (R\$) apenas iluminação (LED) salas de aula – panorama 2**

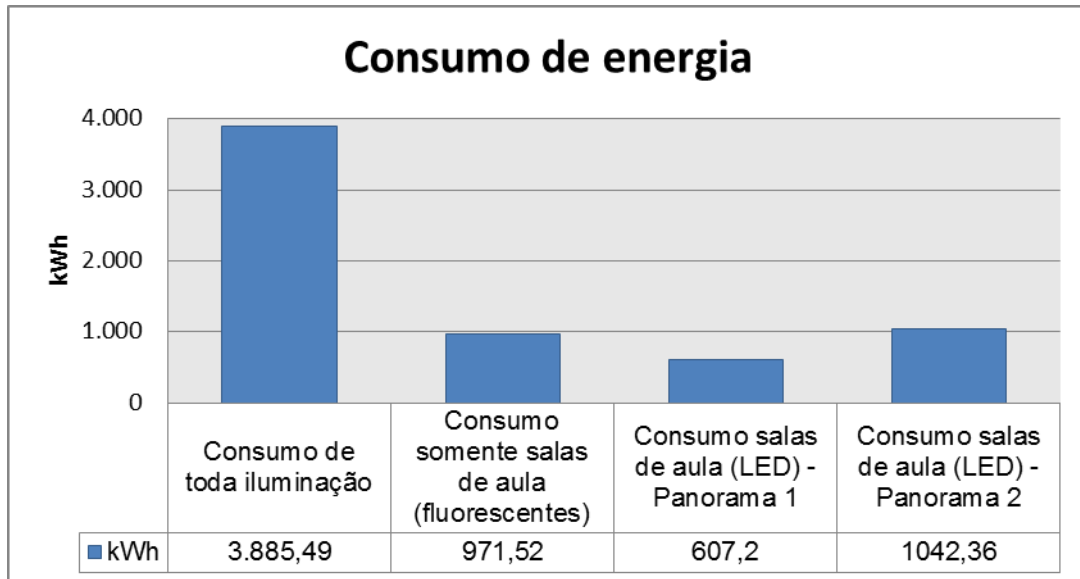
Dias	Consumo
Aos Sábados	0,00 R\$
Aos domingos	0,00 R\$
De segunda a sexta	582,94 R\$
Total	582,94 R\$

Fonte: Autoria própria

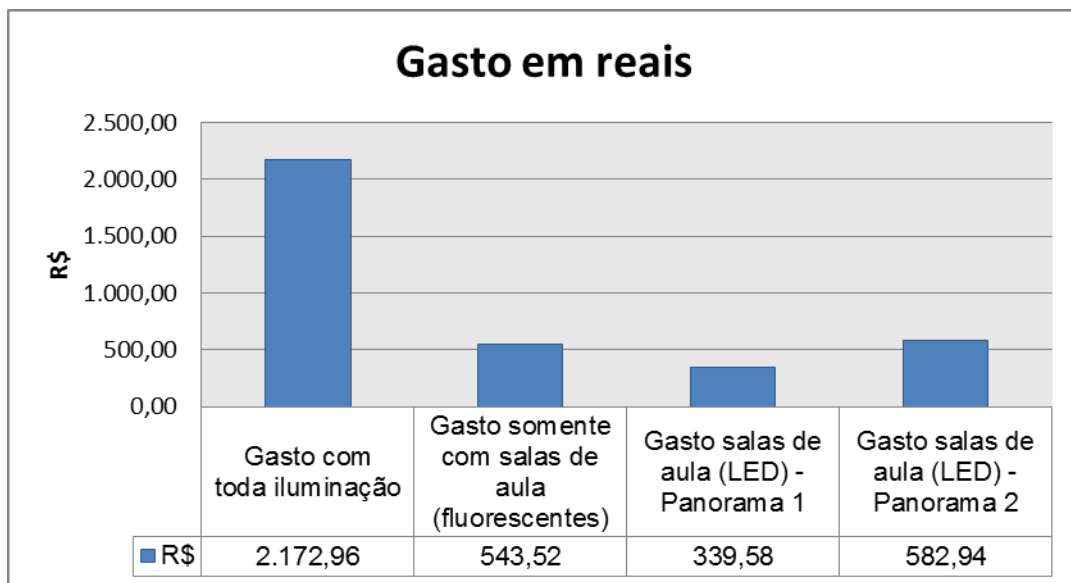
Pode-se ver que houve um considerável aumento do consumo em kWh e gasto em R\$ comparando o panorama 2 com o panorama 1. O consumo no panorama 1 saltou de 607,20 kWh para 1042,36 kWh no panorama 2. O gasto saltou de R\$339,58 no panorama 1 para R\$582,94 no panorama 2. Como o panorama 2 foi necessário aumentar a quantidade de luminárias para atender a normas específicas, aumentaram-se consigo consumo e gasto.

#### 4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Nas Figuras 18 e 19 pode ser interpretado o panorama 1, e o panorama 2 em que foi realizada uma comparação com o intuito de ter uma visão dos consumos e gastos referindo-se as lâmpadas fluorescentes e referindo-se as lâmpadas de LED.



**Figura 18 – Gráfico comparação do consumo de energia em kWh**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 19 – Gráfico comparação do gasto de energia em reais**  
**Fonte: Autoria própria**

Analisando o panorama 1, que é a situação em que se mensura a substituição das lâmpadas adotando a mesma situação luminotécnica existente, realizando a subtração dos valores encontrados na Figura 19, entre os gastos somente com salas de aula (fluorescentes) e gastos somente com salas de aula (LED), utilizando a Equação (3), obtém-se o resultado de R\$203,94, sendo a economia mensal.

$$\text{Economia} = R\$543,52 - R\$339,58 = R\$203,94$$

Para saber os resultados em relação ao retorno financeiro, realizou-se uma interpretação. Se cada mês a economia for de R\$203,94 e o custo de aquisição das 120 lâmpadas de LED necessárias para suprir as salas de aula forem de R\$2.434,80, como visto no item sobre aquisição anteriormente, somando os valores de economia mês a mês até atingir o valor gasto da aquisição, necessitaria de aproximadamente 12 meses para alcance de tal meta, como pode ser visto na Tabela 24.

**Tabela 24: Meses necessários para retorno financeiro**

<b>Custo de aquisição das novas lâmpadas (LED)</b>	<b>Economia em reais por mês</b>	<b>Meses necessários para começar a ter retorno</b>	<b>Retorno financeiro (economia x meses necessários)</b>
R\$2.434,80	R\$203,94	12	R\$2.447,28

**Fonte: Autoria própria**

Como se pode ver, a partir do 13<sup>o</sup> mês, o estabelecimento passa a obter retorno financeiro, pois, após a substituição das lâmpadas, do 13<sup>o</sup> mês em diante a quantia economizada passa a ficar livre ao estabelecimento, parecido com o conceito de Payback, de modo que, nos meses anteriores a economia foi somente para pagar a quantia investida e após quitar tal investimento passa-se a economizar mensalmente proporcionando-se menor gasto com a fatura de energia, lembrando que esta análise é referente ao panorama 1.

Se tratando do panorama 2, que foi a situação em que alterou-se a quantidade de lâmpadas para atender a normas específicas, pôde-se ver que tanto o consumo quanto o gasto de energia foram maior do que o que o colégio apresentou antes da proposta de substituição. Neste panorama, foi observado que, mesmo com a mensuração da substituição das lâmpadas fluorescentes pelas lâmpadas de LED que são mais econômicas, os resultados foram no caminho contrário a intenção de economia.

O fato de se chegar a resultados inesperados, foi devido o colégio não estar adequado com as normas de iluminação, logo foi necessária uma mudança nas condições luminotécnicas do projeto, com mais luminárias, refletindo também no

número de lâmpadas a serem adquiridas. Portanto o consumo e o gasto são maiores, porém os resultados deste panorama mostra que o colégio desta forma não economiza, porém passa a se enquadrar nas condições adequadas estipuladas por normas técnicas.

Foi observado que o gasto somente com sala de aula (fluorescente) foi de 543,52 e gasto somente com sala de aula (LED) – panorama 2, foi de 582,94. A diferença entre os gastos foi de R\$39,42, sendo que, para atender a norma será necessário gastar um pouco mais do que se gastava antes da substituição. Economicamente não traz benefício financeiro, mas foi a única forma encontrada de atender a norma, tal ação é necessária para estar dentro dos parâmetros estipulados.

Se tratando de viabilidade, a abordagem prossegue quando se analisa também a vida útil dos modelos de lâmpadas discutidos. Segundo EMPALUX (2018), as lâmpadas de LED possuem vida útil que variam de 20.000 a 32.000 horas, enquanto as fluorescentes apresentam vida útil que variam de 6.000 a 8.000 horas, ou seja, ao substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, o estabelecimento terá o benefício de utilizar as lâmpadas propostas por mais tempo comparadas com as já existentes.

Considerando o tempo médio de 11h30 das lâmpadas ligadas nas salas de aula, e o tempo médio de vida útil estimado pelos fabricantes da lâmpada adotada com base nos três equipamentos de iluminação analisados anteriormente sendo de 25.000 horas, pôde-se mensurar o tempo em anos aproximado de sua duração.

Se cada dia são 11h30 de lâmpadas em funcionamento nas salas, e estas funcionam apenas nos dias uteis (22 dias por mês), em um ano, são 264 dias de utilização. Multiplicando o total de dias das lâmpadas em funcionamento pela quantidade em horas que elas ficam acesas por dia, o resultado é de 3.036 horas funcionando por ano.

As lâmpadas de LED apresentando vida útil segundo seus respectivos fabricantes de 25.000 horas em média, e estas funcionando 3.036 horas por ano, estimasse que seu tempo de duração aproximado, ou seja, sua vida útil no colégio seja em torno de 8 anos.

É importante ser destacado que não necessariamente a utilização das novas lâmpadas venham apresentar tais resultados e chegar a durar exatos 8 anos. Pode ter casos que durem mais ou menos anos, dependendo de fatores como quebra,

queimarem antes do esperado e dos cuidados com sua utilização, para que durem o máximo possível.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Com o avanço tecnológico dos equipamentos de iluminação e o surgimento de novos modelos de lâmpadas com o passar do tempo, em específico as lâmpadas de LED, estas apresentam particularidades que faz com que estabelecimentos dos diversos ramos pensem na possibilidade de utilizá-las para iluminação.

O desafio no estudo desta abordagem e análise da utilização das lâmpadas de LED no lugar das fluorescentes foi mensurar a viabilidade econômica desta prática, com estudos desde quantidade de lâmpadas até levantamento de características luminotécnicas e custos, ou seja, se é viável ou não substituir as lâmpadas existentes pelas do modelo proposto, levando em consideração o gasto de adquiri-las, e o retorno que elas trariam economicamente na fatura de energia.

A perspectiva foi de, por meio de levantamento das informações necessárias e simulações em softwares específicos como MS Excel®, obter informações reais em relação quais benefícios financeiros o colégio de ensino público teria com esta abordagem.

Com o estudo realizado, foi possível mensurar qual economia na fatura de energia possuiria o estabelecimento ao substituir as lâmpadas existentes por lâmpadas de LED. Comprovou-se que, a proposta de substituição pode trazer uma considerável minimização nos gastos, de modo que em um período de um pouco mais de 12 meses, o colégio obteria retorno financeiro e passaria a economizar mês a mês (R\$203,94) com tal proposta (panorama 1). Esta economia porém foi atingida, mas não necessariamente atendendo a padrões estabelecidos pela norma Higiene Ocupacional NHO 11 (2018).

Já em relação ao panorama 2, não se obteve retorno financeiro, muito menos economia, isto devido ao colégio apresentar situação luminotécnica abaixo da média à época do estudo. Para atender a normas de iluminação, foi necessário este ajuste, não proporcionando resultados econômicos viáveis, porém atingindo um projeto luminotécnico correto e dentro dos padrões estabelecidos de 500 lux em períodos noturnos.

Outro ponto a ser destacado é o fato de as lâmpadas de LED possuírem maior vida útil comparadas com as lâmpadas fluorescentes. Foi averiguado que com a substituição das lâmpadas existentes pelas lâmpadas de LED, os dispositivos

propostos podem chegar a durar em torno de 8 anos, segundo especificações de seus respectivos fabricantes.

Em relação aos possíveis pontos falhos do trabalho, apenas as salas de aula foram sujeitas a medidas de iluminação, como o uso do luxímetro. O estudo foi de modo que se mensure a troca de lâmpadas somente das salas de aula, os demais locais, como corredores e quadra, por exemplo, podem sem nenhum problema serem abordados suas respectivas mudanças dos modelos de lâmpadas, assim, se teria dimensão do impacto da substituição da iluminação de todo o colégio.

Como sugestões, ficam por conta de medir as condições de iluminação dos demais locais e pontos do colégio, não se limitando apenas nas salas de ensino. Essa mensuração se faz necessário para saber como se encontra a iluminação real dos diferentes locais e tipos de ambientes, a fim de saber qual a quantidade de luz (lux) a serem adotadas, caso as medições mostrem resultados abaixo ou a cima do que são sugeridos em normas.

Nota-se com o estudo realizado, que a utilização da tecnologia ao ser usada de forma estruturada pode ser aliada ao alcance de melhores resultados econômicos, como também conhecer características específicas de como funciona a cobrança e administração do consumo de energia dos estabelecimentos consumidores por meio de agências regulamentadoras como a ANEEL.

Por meio de análises realizadas após o estudo, foi possível notar que a iluminação corresponde a uma parcela considerável da fatura de energia elétrica, isto se dá devido às lâmpadas do estabelecimento ficarem ligadas por uma boa quantidade de tempo semanalmente, com aulas de manhã, tarde e à noite. Este fato se faz ter maior atenção e curiosidade de propor a mudança nos dispositivos de iluminação, visando assim obter economia, já que iluminação representa tal fatia na conta de energia.

Ao estudar iluminação, ter atenção ao bem-estar das pessoas é de suma importância. As normas existem para serem seguidas e ter como base para eventuais projetos de luminotécnica. No que diz respeito a substituição de lâmpadas, quando introduzidas novos modelos e retirada dos modelos existentes, se faz necessário um planejamento em relação se as lâmpadas antigas serão reutilizadas, e se forem descartadas, como que será este descarte.

Um projeto de iluminação bem elaborado e um planejamento antecipado faz a diferença quando se deseja alcançar êxito. Na medida em que a tecnologia avança,



às vezes se faz necessário adaptar ou modificar algo já existente, a fim de obter benefícios, independente de quais. Planejar essas alterações é algo essencial para auxiliar na tomada de decisão sobre o que é mais viável fazer.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. REVISTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. 3. ed. Brasília, Jun. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/15495819/Revista+de+Efici%C3%AAncia+Energ%C3%A9tica+PEE+-+2017.pdf/ec81860f-4f80-f2d3-3692-1dc24f556e17?version=1.1>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Como é composta a tarifa. [S.l.], 2016. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/destaques-tarifas/-/asset\\_publisher/Pt4a5DsYJ88l/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fdestaques-tarifas%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_Pt4a5DsYJ88l%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D3%26p\\_p\\_col\\_count%3D6](http://www.aneel.gov.br/destaques-tarifas/-/asset_publisher/Pt4a5DsYJ88l/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fdestaques-tarifas%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_Pt4a5DsYJ88l%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D3%26p_p_col_count%3D6)>. Acesso em: 19 Set. 2018.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Dicas de Economia e Segurança. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Cartilha\\_dicas\\_economia\\_seguranca.pdf/b9aabee7-1607-47c2-9272-12e1199867fe](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Cartilha_dicas_economia_seguranca.pdf/b9aabee7-1607-47c2-9272-12e1199867fe)>. Acesso em: 10 Out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. O que é eficiência energética?. São Paulo, [201-?]. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES E IMPORTADORES DE PRODUTOS DE ILUMINAÇÃO. Novas tecnologias na produção do LED, mais qualidade e menos custos. São Paulo, Fev. 2018. Disponível em: <<http://www.abilumi.org.br/novas-tecnologias-na-producao-do-led-mais-qualidade-e-menos-custos/>>. Acesso em: 18 Set. 2018.

CAMPOS, L. D. et al. Redução no consumo de energia utilizando tecnologia LED. [S.l.]: [201-?]. Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/iluminacao\\_led.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/iluminacao_led.pdf)>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

Catalogo Geral de Produtos. Itaim iluminação. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/2984655/catalogo-itaim-esse-contem-os-fatores-de-utilizacao->>. Acesso em: 13 Jun. 2019.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Guia para eficiência energética nas edificações públicas. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL\\_1+0\\_12-02-2015\\_Compacta.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf)>. Acesso em: 10 Out. 2018.

ELETROBRAS PROCEL. **Iluminação eficiente**: iniciativas da Eletrobras Procel e parceiros. Rio de Janeiro, 2013.

ELETROBRAS PROCEL. Manual de iluminação. Rio de Janeiro, Ago. 2011. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL+DE+ILUMINACAO++PROCEL\\_EPP+-AGOSTO+2011.pdf/d42d2f36-0b90-4fe0-805f-54b862c9692c;jsessionid=A7AE9AD7FFE410D97E371853D50763B0.srv154](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL+DE+ILUMINACAO++PROCEL_EPP+-AGOSTO+2011.pdf/d42d2f36-0b90-4fe0-805f-54b862c9692c;jsessionid=A7AE9AD7FFE410D97E371853D50763B0.srv154)>. Acesso em: 27 Ago. 2018.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. [S.I.], [201-?]. Disponível em: <<http://www.energias.com.br/eficiencia-energetica-3/>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

EDUARDA, M. Lâmpada tubular LED precisa de reator?. [S.I.], Out. 2017. Disponível em: <<https://blog.iluminim.com.br/lampada-tubular-led-precisa-de-reator/>>. Acesso em: 17 Out. 2018.

EDUARDA, M. História das lâmpadas: entenda a sua criação e evolução. [S.I.], Mai. 2018. Disponível em: <<https://blog.iluminim.com.br/historia-das-lampadas-entenda-a-sua-criacao-e-evolucao/>>. Acesso em: 17 Out. 2018.

GERHARDT, T. E.; Silveira, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 14 Set. 2018.

ILUMINAÇÃO - LÂMPADAS LED - Tubular LED. ELETORASTRO. Disponível em: <<https://www.eletorastro.com.br/produto/lampada-led-tubular-20w-120cm-luz-branca-bivolt-empalux-68471>>. Acesso em: 6 Jun. 2019.

Iluminância e cálculo luminotécnico. ABNT (NBR5314). Disponível em: <<https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf>>. Acesso em: 13 Jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Lâmpada LED. [S.I.], [201-?]. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

Informações Luminotécnicas. Vida útil. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=I>>. Acesso em: 14 Set. 2018.

Iluminim. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<https://www.iluminim.com.br/>> Acesso em: 16 Out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SUSTENTABILIDADE. 42 grandes dicas sobre ISO 26000. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<https://www.inbs.com.br/42-dicas-de-sustentabilidade-iso-26000/>>. Acesso em: 30 Out. 2018.

Lâmpada De Led Tubular 20w 120cm Lumens: 1800~2000lm.Bivolt. AMERICANAS. Disponível em: <[https://www.amERICANAS.com.br/produto/16421702/lampada-de-led-tubular-20w-120cm-lumens-1800-2000lm-bivolt?pfm\\_carac=lampada%20de%20led%20tubular%2020w&pfm\\_index=12&pfm\\_page=search&pfm\\_pos=grid&pfm\\_type=search\\_page%20&sellerId](https://www.amERICANAS.com.br/produto/16421702/lampada-de-led-tubular-20w-120cm-lumens-1800-2000lm-bivolt?pfm_carac=lampada%20de%20led%20tubular%2020w&pfm_index=12&pfm_page=search&pfm_pos=grid&pfm_type=search_page%20&sellerId)>. Acesso em: 6 Jun. 2019.

Lâmpada tubular LED T8 20w 120cm 1L vidro 6500K bivolt. LEDMAX. Disponível em: <<https://www.ledmax.com.br/lampada-tubular-led-t8-18w-120cm-vidro-6500k-leitosa>>. Acesso em: 6 Jun. 2019.

LIMA, R. F. A História da Lâmpada Elétrica – Lâmpada Incandescente. [S.l.], Mar. 2018. Disponível em: <<https://blog.borealled.com.br/historia-lampada-eletrica-incandescente/>>. Acesso em: 24 Ago. 2018.

LUZ, J. M. Luminotécnica. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>>. Acesso em: 27 Ago. 2018.

LIMA, R. F. **A História da Iluminação**: Da Fogueira a Lâmpada Elétrica. [S.l.], Mar. 2018. Disponível em: <<https://blog.borealled.com.br/historia-da-iluminacao-fogo-vela-lampada-eletrica/>>. Acesso em: 5 Out. 2018.

MOREIRA, V. C. **Iluminação elétrica**. São Paulo: E. Blücher, 1999.

MARQUES, J. R. **Conceito de Planejamento**: O Que é e Como Funciona?. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.jrmcoaching.com.br/blog/conceito-de-planejamento-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 10 Out. 2018.

NBR 15215-4. **Iluminação natural- Parte 4**: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.

Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento técnico. Avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho NHO 11. São Paulo, 2018.

SILVA, J. S. Grandes nomes da física. Thomas Edison. O norte-americano Thomas Alva Edison foi um dos maiores inventores da história e registrou um total de 2.332 invenções ao longo de sua vida. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/thomas-edison.htm>>. Acesso em: 27 Ago. 2018.

SANTOS, T. S. et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. [S.l.]: 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00595.pdf>>. Acesso em: 24 Ago. 2018.

SILVEIRA, C. B. **Luxímetro**: Medidor Profissional de Lúmens. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/luximetro/>>. Acesso em: 14 Set. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA. Manual de Economia de Energia Elétrica no Escritório. São Paulo, [201-?]. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/54.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2018.