

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
JOÃO PAULO LOPES SCHIAVON**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Aplicação de LED's na iluminação interna do campus II
do Centro Universitário do Sul de Minas**

**Varginha
2016**

JOÃO PAULO LOPES SCHIAVON

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Aplicação de LED's na iluminação interna do campus II
do Centro Universitário do Sul de Minas**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Thiago Cornélio da Fonseca.

**Varginha
2016**

JOÃO PAULO LOPES SCHIAVON

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Aplicação de LED's na iluminação interna do campus II
do Centro Universitário do Sul de Minas**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 06/12/2016

Prof. Esp. Thiago Cornélio da Fonseca

Prof. Dr. Luiz Carlos Vieira Guedes

Eng. Sady Eustáquio de Melo

OBS:

Dedico este trabalho aos amigos e colegas que fiz nessa longa jornada durante o curso, professores, família, em especial a minha querida mãe que nunca me deixou desistir e sempre esteve ao meu lado me apoiando durante todo o curso e pela ajuda na construção deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, sem ELE nada seria possível, a minha família que, no decorrer do curso sempre me apoiou em especial a minha querida mãe, Regina, que esteve comigo nos momentos mais difíceis dessa longa jornada.

Sou grato também aos amigos e professores do Centro Universitário do Sul de Minas, na figura do professor Thiago Cornélio da Fonseca que contribuiu neste trabalho como orientador, sua ajuda foi de extrema importância.

A empresa Citelum Groupe Edf - Citeluz Serviços de Iluminação Urbana S/A, por me abrir as portas ao mercado de trabalho com a oportunidade de estagio, em especial ao meu supervisor Thiago Barbudo, que passou muito conhecimento e experiência na área de redes e iluminação pública.

Por fim agradeço a todos que de alguma maneira contribuiu para a elaboração deste trabalho, sem eles nada disso seria possível.

“Se você encontrar um caminho sem obstáculos, ele provavelmente não leva a lugar nenhum.” – Frank Clark

RESUMO

Em meio à crise energética que o Brasil vem sofrendo nos últimos anos, o assunto eficiência energética fica indispensável em todos os lugares. Devido à escassez das chuvas a principal matriz energética do país, as hidrelétricas, não está suprimindo a necessidade dos consumidores e para garantir que setores industriais, comerciais e residenciais recebam a energia elétrica o governo teve de acionar as usinas termoeletricas que geram energia, mas com um custo mais elevado em função do preço dos combustíveis fósseis. Com isso os valores das tarifas energéticas tiveram uma alta consideravelmente o que leva a população em pensar muito no racionamento e em programas de eficiência energética. Este trabalho tem como objetivo analisar a situação atual da iluminação do Campus II do Centro Universitário do Sul de Minas, compreendendo alguns conceitos básicos de luminotécnica e apresentando alternativas para a redução de gastos nas faturas de energia sem perder a qualidade da iluminação otimizando o atual sistema utilizado nos ambientes, através de simulações colocando em evidencia os resultados esperados, propondo assim o uso da tecnologia LED – (*Light Emitting Diode*) Diodo Emissor de Luz. Com base na NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT – Associação brasileira de normas técnicas e outros acervos bibliográficos serão apresentados valores para o investimento e o retorno que será propiciado à instituição de ensino, o trabalho espera-se alcançar seus objetivos de forma satisfatória.

Palavras-Chave: Iluminação, Eficiência, Lâmpadas, Qualidade, Economia, LED.

ABSTRACT

In the midst of the energy crisis that Brazil has been suffering in recent years, the subject of energy efficiency is indispensable in all places. Due to the scarcity of rainfall, the country's main energy matrix, hydroelectric power plants, is not supplying the need of consumers and to ensure that industrial, commercial and residential sectors receive electricity, the government had to trigger the thermoelectric plants that generate energy, but with a higher cost due to the price of fossil fuels. As a result, energy tariffs have risen considerably, leading the population to think hard about rationing and energy efficiency programs. This work aims to analyze the current lighting situation of Campus II of the University of the South of Minas, comprising some basic concepts of lighting technology and presenting alternatives for the reduction of expenses in energy bills without losing the quality of lighting optimizing the current system used in the environments, through simulations showing the expected results, thus proposing the use of LED technology (Light Emitting Diode). Based on NBR ISO / IEC 8995-1 from ABNT - Brazilian Association of Technical Standards and other bibliographic collections will be presented values for the investment and the return that will be provided to the educational institution, the work is expected to raise its goals satisfactorily.

Keywords: *Lighting, Efficiency, Lamps, Quality, Economy, LED.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ranking Internacional de Eficiencia Energetica 2016.....	18
Figura 2 – Fluxo Luminoso	20
Figura 3 – Intensidade Luminosa (I)	21
Figura 4 – Curvas de distribuição de intensidade luminosas.....	22
Figura 5 – Curva de distribuição de intensidade luminosa (valores em cd/ 1000 lm)	22
Figura 6 – Luxímetro	23
Figura 7 – Lâmpadas LED.....	28
Figura 8 – Situação atual da Área de convivência.....	31
Figura 9 – Situação atual do prédio da Administração do Campus II.....	35
Figura 10 – Situação atual do térreo do Prédio 1	38
Figura 11 – Situação atual do pavimento superior do prédio 1	42
Figura 12 – Situação atual do térreo do prédio 2.....	46
Figura 13 – Situação atual do 1º andar do prédio 2.....	50
Figura 14 – Situação atual do 2º andar do prédio 2.....	53
Figura 15 – Fatura de Energia de junho	64
Figura 16 – Fatura de energia de julho	65
Figura 17 – Fatura de energia de agosto.....	66
Figura 18 – Requisitos para o planejamento da iluminação – Áreas gerais da edificação.....	67
Figura 19 – Requisitos para o planejamento da iluminação – Construções educacionais	68
Figura 20 – Requisitos para o planejamento da iluminação - Bibliotecas.....	68
Figura 21 – Orçamento de lâmpadas LED	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperaturas de cor correlatas (T _{cp}).....	25
Tabela 2 – Lâmpadas instaladas no ambiente de estudo de caso.	29
Tabela 3 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	32
Tabela 4 – Características de uso mensal e anual.....	32
Tabela 5 – Custos anuais com energia elétrica.....	33
Tabela 6 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	33
Tabela 7 – Custo com manutenção.....	34
Tabela 8 – Avaliação de rentabilidade.....	34
Tabela 9 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	35
Tabela 10 – Características de uso mensal e anual.....	36
Tabela 11 – Custos anuais com energia elétrica.....	37
Tabela 12 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	37
Tabela 13 – Custo com manutenção.....	37
Tabela 14 – Avaliação de rentabilidade.....	38
Tabela 15 – Características o sistema de iluminação e ambiente.....	39
Tabela 16 – Características de uso mensal e anual.....	40
Tabela 17 – Custos anuais com energia elétrica.....	40
Tabela 18 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	41
Tabela 19 – Custo com manutenção.....	41
Tabela 20 – Avaliação de rentabilidade.....	41
Tabela 21 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	43
Tabela 22 – Características de uso mensal e anual.....	44
Tabela 23 – Custos anuais com energia elétrica.....	44
Tabela 24 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	45
Tabela 25 – Custo com manutenção.....	45
Tabela 26 – Avaliação de rentabilidade.....	45
Tabela 27 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	47
Tabela 28 – Características de uso mensal e anual.....	48
Tabela 29 – Custos anuais com energia elétrica.....	48
Tabela 30 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	49
Tabela 31 – Custo com manutenção.....	49
Tabela 32 – Avaliação de rentabilidade.....	49

Tabela 33 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	51
Tabela 34 – Características de uso mensal e anual.....	51
Tabela 35 – Custo anual com energia elétrica.....	52
Tabela 36 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	52
Tabela 37 – Custo com manutenção.....	52
Tabela 38 – Avaliação de rentabilidade.....	53
Tabela 39 – Características do sistema de iluminação e ambiente.....	54
Tabela 40 – Características de uso mensal e anual.....	55
Tabela 41 – Custos anuais com energia elétrica.....	55
Tabela 42 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED.....	56
Tabela 43 – Custo com manutenção.....	56
Tabela 44 – Avaliação de rentabilidade.....	56
Tabela 45 – Média de consumo de energia elétrica com lâmpadas fluorescentes.....	57
Tabela 46 – Consumo mensal de energia dos ambientes estudados.....	58
Tabela 47 – Média de consumo de energia elétrica com o sistema de iluminação LED.....	58
Tabela 48 – Avaliação de rentabilidade.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 ENERGIA	15
2.1 Fontes de energia	16
2.2 Qualidade de Energia	17
2.3 Eficiência Energética	17
3 ILUMINAÇÃO	19
3.1 Lâmpadas: Histórico	19
3.2 Conceitos e Grandezas	20
3.2.1 Fluxo Luminoso (Φ).....	20
3.2.1.1 Depreciação do fluxo luminoso (lúmen) de uma lâmpada	21
3.2.2 Intensidade Luminosa (I).....	21
3.2.2.1 Curva de distribuição de intensidade luminosa	21
3.2.3 Iluminância (E)	22
3.2.4 Luminância (L)	23
3.2.5 Ofuscamento	24
3.2.6 Direcionalidade da luz	24
3.2.7 Aspectos da cor da luz e superfícies	25
3.2.8 Eficiência do recinto ou eficiência do ambiente (η_R ou η_A)	26
3.3 Tipos de Lâmpadas	26
3.3.1 Lâmpadas Fluorescentes.....	26
3.3.1.1 Reatores	26
3.3.2 Lâmpadas LED	27
4 METODOLOGIA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Área de convivência	31
5.2 Prédio Administração do Campus II	34
5.3 Prédio 01 – Térreo	38
5.4 Prédio 01 – Pavimento Superior	42
5.5 Prédio 2 – Térreo	46
5.6 Prédio 2 – 1º Pavimento	50
5.7 Prédio 2 – 2º Pavimento	53
5.8 Análise financeira - Viabilidade Econômica	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO A – Faturas de Energia	64
ANEXO B – Requisitos para o planejamento da iluminação	67
ANEXO C – Orçamento de lâmpadas LED	69
ANEXO D – Autorização para estudo de caso	70

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população brasileira cresce também o consumo de energia elétrica e a demanda da produção de energia é cada vez maior. O país vem passando por uma crise energética devido à forte estiagem e as elevadas temperaturas registradas nos últimos tempos. Segundo a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, em torno de 61% da energia são produzidas nas hidrelétricas, que dependem de um nível de água adequado em seus reservatórios para essa geração com eficácia, porém que este crescimento da população também cresceu o consumo de água e a ausência de chuvas foi muito prejudicial ao abastecimento das hidrelétricas, prejudicando assim a oferta de energia. Com todos estes acontecimentos, a expressão “Eficiência Energética” esta cada vez mais em evidencia, em jornais, escolas, universidades, programas governamentais entre outros.

Eficiência energética é uma filosofia de trabalho que visa otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações, direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos, reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para obtenção do mesmo resultado ou produto (CAPELLI, 2013).

A iluminação representa uma boa parte do consumo de energia em instituições de ensino e hoje existem muitas alternativas para redução de consumo no setor de iluminação, com vários tipos de lâmpadas.

O objetivo deste trabalho é analisar a situação atual da iluminação do Campus II do Centro Universitário do Sul de Minas, compreendendo alguns conceitos básicos de luminotécnica.

Serão apresentadas alternativas para a redução dos gastos nas faturas de energia sem perder a qualidade da iluminação ou até mesmo melhorar o atual sistema utilizado nos ambientes, através de simulações colocando em evidencia os resultados esperados, propondo o uso da tecnologia LED.

Mediante a exibição dos valores para o investimento e do retorno que será propiciado à instituição de ensino, o trabalho espera-se alcançar seus objetivos de forma satisfatória.

O primeiro capítulo esta constituído primeiramente com uma introdução, tema, delimitação do tema, problemas e premissas, objetivo geral e específico, justificativa do tema, metodologia utilizada. No segundo capítulo, um pouco sobre energia elétrica, alguns conceitos importantes a levar em consideração, como a situação do país no setor energético. No terceiro capítulo estudou-se a “Iluminação”, um pouco dos conceitos técnicos, historia da

iluminação e tipo de lâmpadas mais utilizadas para iluminação de ambientes internos. O quarto capítulo faz um levantamento de um exemplo estudo de caso, métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Por fim o quinto capítulo apresenta os resultados obtidos do estudo de caso e mostra a eficiência do projeto. E no sexto capítulo têm-se considerações e conclusão.

2 ENERGIA

Hoje seria impossível pensar em um mundo sem o uso da energia elétrica, seja para ligar computadores, tomar banho, iluminar, aquecer.

Poucas palavras suportam tantos sentidos e definições como energia. No Século IV A.C., Aristóteles em sua obra *Metafísica*, identificava energia (“*energeia*”) como uma realidade em movimento (VIANA et al, 2012).

Energia, que em grego significa *trabalho* (do grego *energeia* e do latim *energia*) sua definição pode ser usualmente encontrada em vários livros como, “energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho”.

Na acepção moderna, energia corresponde ao conceito desenvolvido juntamente com a Termodinâmica a partir de meados do Século XIX e utilizado para descrever uma ampla variedade de fenômenos físicos (VIANA et al, 2012).

As unidades de medida de energia são joule [J], watt-hora e caloria [Cal].

$$1 J = 1[W.h] = 4,1868 Cal. \quad (1)$$

Não podemos confundir energia com potencia. Embora sejam conceitos correlatos, a potência (medida em watt e seus múltiplos) é a quantidade de energia transferida por unidade de tempo (joule dividido por segundo). Ela pode ser medida em qualquer instante de tempo. Por outro lado, a energia precisa ser medida durante um intervalo de tempo (uma hora, um dia, um mês, um ano etc.). Por exemplo, se uma turbina tem potencia nominal de 800 quilowatts [kW], significa que ela pode produzir 800 quilowatts-hora [kW.h] de energia por hora de trabalho em seu ponto máximo de deficiência (CAPELLI, 2013).

Por ser um conceito tão fundamental, definir energia é sem dúvida mais difícil e menos importante do que sentir e perceber sua existência, como a causa e origem primeira de todas as mudanças. Boa parte das leis físicas que governam o mundo natural é no fundo variante das leis básicas dos fluxos energéticos, as eternas e inescapáveis leis de conservação e dissipação, que estruturam todo o Universo, desde o micro ao macrocosmo (VIANA et al, 2012).

A energia elétrica é uma das mais nobres formas de energia secundária. A sua facilidade de geração, transporte, distribuição e utilização, com as consequentes transformações em outras formas de energia, atribuem à eletricidade uma característica de universalização, disseminando o seu uso pela humanidade. No mundo de hoje, eletricidade,

como alimento e moradia, é um direito humano básico. Eletricidade é a dominante forma de energia moderna para telecomunicações, tecnologia da informação, e produção de bens e serviços. (LEÃO, 2009).

2.1 Fontes de energia

Os países dependem da energia para movimentar suas economias e criar produtos competitivos no mundo globalizado.

Alternativas energéticas são todas as fontes energéticas primárias, tecnologias de transformação e conversão, objetivando a produção e uso final de eletricidade, calor ou movimento, além das tecnologias associadas de armazenamento, automação e controle e eficiência energética. Este conceito se difere de energia alternativa. Por energia alternativa, fica subentendida uma opção, um uso que substitui outra fonte. De maneira geral, a energia alternativa se apresenta mais adequada a um conceito particular, à visão de um consumidor. Quando se pensa em planejamentos nacionais e/ou empresariais o conceito mais adequado é o de alternativas energéticas, pois, nesse contexto, todas as opções são aplicáveis, visando explorar o melhor potencial de cada uma (CEMIG, 2012).

Existem muitas maneiras de adquirir energia, por meio de fontes renováveis ou não renováveis.

As fontes renováveis são aquelas que se regeneram na natureza, não causam problemas ambientais e não se esgotam. São elas:

- a) Energia hidráulica: força das águas dos rios;
- b) Energia Solar: do sol (radiação eletromagnética);
- c) Energia Eólica: força dos ventos;
- d) Energia Geotérmica: do calor do interior da terra;
- e) Biomassa: de matérias orgânicas;
- f) Energia Gravitacional: força das ondas dos oceanos;
- g) Energia do Hidrogênio: do hidrogênio.

A energia não renovável é também conhecida como convencional. E recebe esse nome porque se baseia na “queima” de elementos que não podem ser repostos na natureza em curto prazo. Por exemplo, o petróleo (CAPELLI, 2013).

Outros exemplos são:

- a) Combustíveis fósseis: petróleo, carvão mineral, xisto e gás natural;
- b) Energia nuclear: urânio, plutônio, etc.

Há uma tendência mundial em substituir as fontes não renováveis pelas renováveis. Além da economia, a preservação ambiental é a razão principal (CAPELLI, 2013).

2.2 Qualidade de Energia

O termo “qualidade da energia” inclui uma gama de fenômenos, abrangendo áreas de interesse de sistemas da energia elétrica até problemas relacionados com a comunicação em redes de transmissão de dados. Dessa forma, devem ser divulgados e reconhecidos por todos os setores envolvidos com o consumo, transmissão e geração de energia elétrica (PAULILO, 2013).

A qualidade da energia elétrica esta relacionada com qualquer desvio que possa ocorrer na magnitude, forma de onda ou frequência da tensão e/ou corrente elétrica. Esta designação também se aplica as interrupções de natureza permanente ou transitória que afetam o desempenho da transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica (IEL, 2008).

2.3 Eficiência Energética

O tema eficiência energética vem ganhando espaço no Brasil, já que até por volta de 1990 o país sempre produzia mais eletricidade do que consumia (ERNESTO, 2015).

A eficiência resume-se na busca de menor quantidade de energia para o fornecimento da mesma quantidade de valor energético (BUSSE, 2010).

Diante da atual crise energética mundial, o termo eficiência energética tem sido amplamente divulgado, seja no meio acadêmico ou industrial (GOLDEMBERG, 2000).

O governo federal nas décadas de 80 e 90 criou alguns programas de incentivo à eficiência energética e conservação de energia, dentre estes duas iniciativas se destacam, o PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), foi instituído em dezembro de 1985 e até hoje se destaca entre os programas do setor de energia. Outro que podemos citar é o CONPET – Programa nacional da racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural, criado em 1991 para promover uma cultura de combate ao desperdício no uso dos recursos não naturais não renováveis no Brasil, também vinculado ao MME.

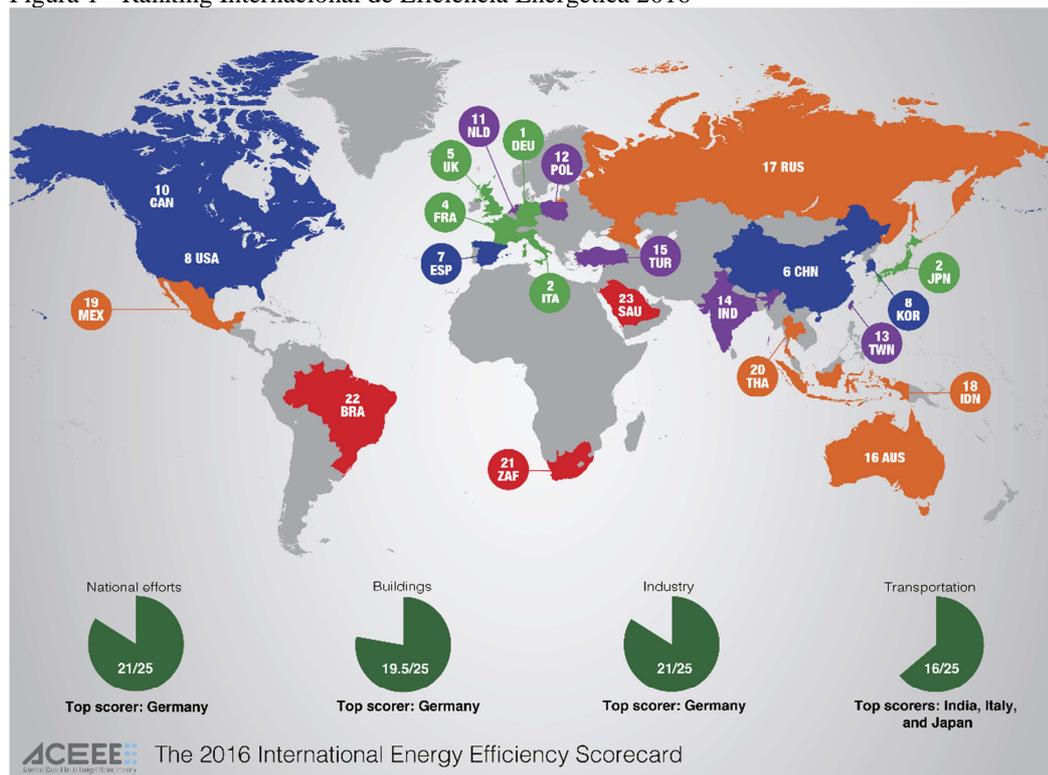
No início do século XXI, quando o país passou por uma crise de abastecimento de eletricidade e por uma escassez de chuvas, foi dado início às primeiras ações de eficiência energética e apoio às energias renováveis. O chamado PEE – Programa de Eficiência

Energética, que até hoje já contou com mais de R\$2 Bilhões em investimentos realizados ou em execução.

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), o Brasil desperdiça em ineficiência o equivalente a uma usina Belo Monte por ano (4.600 MW médios). O volume seria suficiente para abastecer 40% do consumo residencial de todo o País.

Em 2016 o Conselho divulgou um ranking que avaliou a eficiência energética entre as 23 importantes economias do mundo, com destaque para a Alemanha que ocupou o 1º lugar, sendo um país que usa menos energia para atingir um mesmo resultado, ou superá-lo, onde reduz custos e polui menos, criando uma economia mais competitiva. Neste mesmo ranking o Brasil ocupa a 22ª posição, ganhando apenas da Arábia Saudita conforme pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Ranking Internacional de Eficiência Energética 2016



Fonte: (ACEEE, 2016.)

Não haverá progressos enquanto continuarmos com espasmos periódicos de lucidez e a manutenção de sinais contraditórios de uma política que não é capaz de convergir esforços e investimentos para potencializar os benefícios da eficiência energética para a sociedade (JANNUZZI, 2005).

3 ILUMINAÇÃO

O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, considerando informações sobre luminárias, a forma que será utilizada, o tipo de atividade que será exercida no ambiente, entre outras (COPEL, 2005).

3.1 Lâmpadas: Histórico

O significativo papel da luz na vida e no desenvolvimento do ser humano é inquestionável. Desde que o homem dominou o fogo, ainda na pré-história, sentiu-se a necessidade de se criar um mecanismo que iluminasse pessoas e objetos após o pôr do sol. A importância da luz é tanta na história da civilização que seu valor é relatado até mesmo na Bíblia, em que consta que, antes de qualquer coisa, Deus primeiro criou a luz. Para os reles mortais, a geração da luz não foi tão simples assim, já que, por séculos, a iluminação artificial foi constituída de tochas, lampiões a gás e a óleo até se chegar à eletricidade (GOEKING, 2009).

No início de 1800 na Inglaterra, o químico Humphry Davy obteve os primeiros resultados notáveis de uma experiência para a criação da lâmpada, a lâmpada de arco carbônico, composta de dois eletrodos de carbono entre os polos de uma bateria em que se criava um ligeiro arco luminoso, que se tornou o princípio de funcionamento de uma lâmpada.

Em 1840, o britânico astrônomo e químico Warren De la Rue, introduziu um filamento de platina em um tubo vazio fazendo passar eletricidade emitindo luz e calor. De la Rue ainda estudou algumas alterações no seu modelo de lâmpada buscando aperfeiçoar e aumentar a durabilidade da emissão de luz. Alguns anos mais tarde Joseph Swan desenvolveu um projeto de lâmpada com filamentos de papel carbonizado dentro de um bulbo de vidro a vácuo. Este projeto foi que Thomas Alva Edison buscou inspiração, Edison adquiriu a patente no final do século XIX dos cientistas canadense Henry Woodward e Matthew Evans e durante alguns anos estudos, testes e alterações, em 1879 Thomas Edison “cria” a Lâmpada Incandescente nos moldes que a conhecemos hoje, que poderia ser produzida em grande escala e utilizadas em residências.

3.2 Conceitos e Grandezas

É requerido que seja dada atenção a todos os parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Os principais parâmetros estão estabelecidos nas próximas seções.

3.2.1 Fluxo Luminoso (Φ)

Esse conceito é de grande importância para os estudos de iluminação. Ele representa uma potência luminosa emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz (RODRIGUES, 2002).

É a radiação total da fonte luminosa, ou seja, a quantidade de luz efetivamente emitida (CAPELLI, 2013).

Figura 2 – Fluxo Luminoso



Fonte: (OSRAM, 2008)

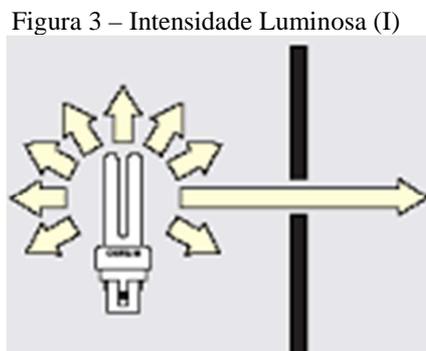
Para incluir a sensibilidade espectral do olho, é utilizada a unidade lúmen. Fluxo radiante de 1 Watt emitido com comprimento de onda de 555 nm produz um fluxo luminoso de 683 lm. O mesmo fluxo radiante irá produzir menos fluxo luminoso em diferentes comprimentos de onda (GANSLANDT et al, 1992).

3.2.1.1 Depreciação do fluxo luminoso (lúmen) de uma lâmpada

É o percentual de redução do fluxo luminoso (ou emissão de luz) de uma lâmpada, durante um período de operação. Esta redução é inerente a todas as lâmpadas elétricas (PROCEL, 2011).

3.2.2 Intensidade Luminosa (I)

A intensidade luminosa é a concentração de luz em uma direção específica radiada por segundo, e sua unidade de medida é a candela [cd] (CAPELLI, 2013).



Fonte: Adaptado (CAPELLI, 2013).

A seguinte fórmula que expressa a intensidade:

$$I = \frac{\Phi(\text{lm})}{4\pi} \quad (2)$$

Onde:

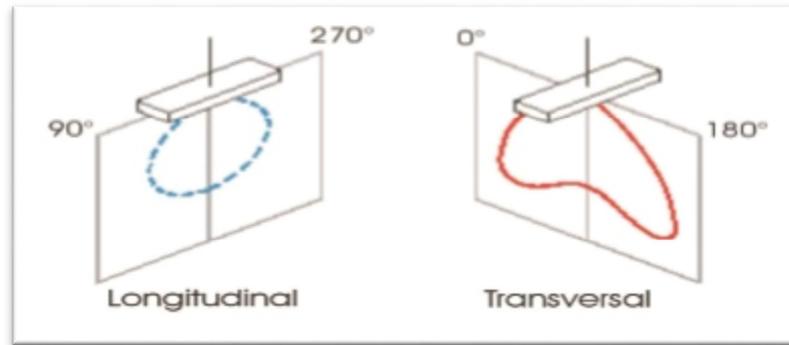
I = Intensidade Luminosa [cd]

Φ = Fluxo Luminoso [lm]

3.2.2.1 Curva de distribuição de intensidade luminosa

Curva, geralmente polar, que representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte, segundo um plano passando pelo centro em função da direção (PROCEL, 2011). A figura 3 e 4 são exemplos de curvas.

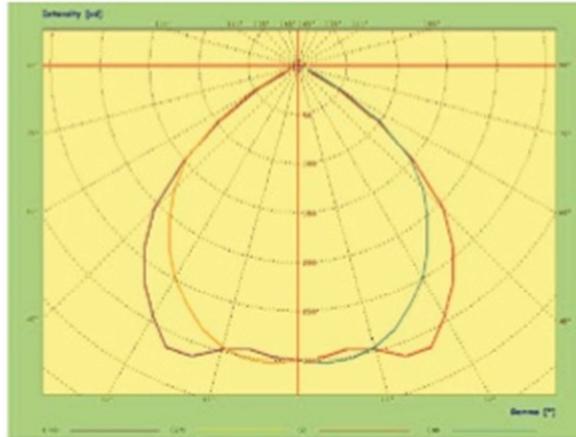
Figura 4 – Curvas de distribuição de intensidade luminosas.



Fonte: (PROCEL, 2011).

São apresentadas, geralmente, superpostas como na figura abaixo:

Figura 5 – Curva de distribuição de intensidade luminosa (valores em cd/ 1000 lm)



Fonte: (PROCEL, 2011).

3.2.3 Iluminância (E)

A iluminância e sua distribuição nas áreas de trabalho e no entorno imediato tem um maior impacto em como uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável. Para lugares onde a área específica é desconhecida, a área onde a tarefa pode ocorrer é considerada a área de tarefa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

É definida basicamente como sendo o limite do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para a área da superfície quando esta tende a zero (MENEZES, 2012).

Sua unidade é o LUX (lx) que corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen.

A equação que expressa esta grandeza é:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (3)$$

Onde:

E = Iluminância [lx]

Φ = Fluxo luminoso [lm]

A = área projetada [m²]

Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se por isso a iluminância média (E_m).

Figura 6 – Luxímetro



Fonte: (Catálogo MINIPA, 2015.)

3.2.4 Luminância (L)

É uma medida da densidade da intensidade de uma fonte de luz. Também utilizada como sinônimo de brilho.

É a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. Sua unidade é a relação dada entre candelas e metro quadrado da área aparente (cd/m²).

3.2.5 Ofuscamento

O ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão. É importante limitá-lo, pois pode causar fadiga visual, erros e até mesmo acidentes. O ofuscamento pode ser classificado como desconfortável, inabilitador ou refletido. O ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas no interior de locais de trabalho. O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação externa, mas também pode ser experimentado em iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas, tais como uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado. Já o ofuscamento refletido é aquele causado por reflexões em superfícies especulares, também sendo conhecido como reflexão veladora (KAWASAKI, 2011).

O valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do Índice de Ofuscamento Unificado da CIE ou Unified Glare Rating (UGR).

As reflexões especulares em uma tarefa visual, muitas vezes chamadas de reflexão veladora ou ofuscamento refletido, podem alterar a visualização da tarefa e normalmente são prejudiciais. A reflexão veladora e o ofuscamento refletido podem ser evitados ou reduzidos se tomadas às seguintes medidas:

- a) Distribuição de luminárias e locais de trabalho (evitando colocar luminárias na zona prejudicada);
- b) Acabamento superficial (utilizar superfícies com materiais pouco reflexivos);
- c) Luminância das luminárias (limite);
- d) Aumento da área luminosa da luminária (ampliar a área luminosa);
- e) Teto e as superfícies da parede (clarear, evitar pontos brilhantes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

3.2.6 Direcionalidade da luz

A iluminação direcional pode ser utilizada para destacar objetos, para revelar texturas e melhorar a aparência das pessoas em um espaço. A iluminação direcional de uma tarefa visual pode também aumentar sua visibilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

3.2.7 Aspectos da cor da luz e superfícies

As qualidades da cor de uma lâmpada próxima à cor branca são caracterizadas por dois atributos:

- a) A aparência de cor da própria lâmpada;
- b) Sua capacidade de reprodução de cor, que afeta a aparência da cor de objetos e das pessoas iluminadas pela lâmpada.

A “aparência da cor” de uma lâmpada refere-se à cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que ela emite. Pode ser descrita pela sua temperatura de cor correlata. As lâmpadas são divididas em três grupos, de acordo com suas temperaturas de cor correlata conforme observado na tabela 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Tabela 1 – Temperaturas de cor correlatas (T_{cp})

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
Quente	Abaixo de 3 300 K
Intermediária	3 300 K a 5 300 K
Fria	Acima de 5 300 K

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.9).

Objetos iluminados podem nos parecer diferentes, mesmo se as fontes de luz tiverem idêntica tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes podem ser identificadas através de outro conceito, Reprodução de Cores, e de sua escala qualitativa Índice de Reprodução de Cores (R_a ou IRC). O mesmo metal sólido, quando aquecido até irradiar luz, foi utilizado como referência para se estabelecer níveis de Reprodução de Cor. Define-se que o IRC neste caso seria um número ideal = 100. Sua função é como dar uma nota (de 1 a 100) para o desempenho de outras fontes de luz em relação a este padrão (OSRAM, 2008).

Não se recomenda a utilização de lâmpadas com R_a inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

3.2.8 Eficiência do recinto ou eficiência do ambiente (η_R ou η_A)

O valor da Eficiência do Recinto é dado por tabelas, contidas no catálogo do fabricante onde se relacionam os valores de Coeficiente de Reflexão do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição Luminosa da luminária utilizada e o Índice do Recinto (PROCEL, 2011).

3.3 Tipos de Lâmpadas

3.3.1 Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são conhecidas como “luz fria”, pois emitem menos calor para o ambiente que as incandescentes. São constituídas de um tubo de vidro em forma de cilindro, preenchido com argônio, e sua superfície interior é coberta com uma camada de pó fluorescente (fósforo). Contêm vapor de mercúrio e um filamento, cuja função nessas lâmpadas é diferente da função que tem nas lâmpadas incandescentes (PETRILLI et al, 2012).

Podemos dizer que a fluorescente foi inspirada nos raios. Isto porque seu funcionamento consiste em uma descarga elétrica em dois filamentos que lançam elétrons que, ao se chocarem, vaporizam o mercúrio contido no bulbo, produzindo um espectro luminoso pobre, formado basicamente por radiação ultravioleta, que é invisível ao olho humano. Porém, ao entrar em contato com a tinta de fósforo que reveste o bulbo de vidro das fluorescentes, a radiação se transforma em luz visível. Aliás, este é o motivo pelo qual por muito tempo ela foi chamada de lâmpada fosforescente (GOEKING, 2009).

É uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão. A passagem da corrente elétrica gera uma radiação ultravioleta. Em seguida, o pó fluorescente que reveste a superfície interna do tubo converte essa radiação em luz visível (CAPELLI, 2013.)

3.3.1.1 Reatores

A maioria das lâmpadas fluorescentes é alimentada em corrente alternada na frequência de rede (50 Hz ou 60 Hz). Para sua ignição, utiliza-se um dispositivo denominado reator, *ballast* em inglês. Ele tem duas funções, que são possibilitar a ignição da lâmpada e limitar sua corrente no valor nominal de operação (CAPELLI, 2013).

Basicamente, há três tipos de reatores, sendo eletromagnético com preaquecimento utilizando *starter*, eletromagnético de partida rápida e reator eletrônico. O primeiro, porém, é obsoleto e quase não é mais empregado (CAPELLI, 2013).

3.3.2 Lâmpadas LED

LED é uma sigla que significa em inglês *Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz.

São compostos por diodos semicondutores que convertem eletricidade em luz visível. Quando formados por materiais como o silício e o germânio, uma pequena parte da energia se converte em luz, enquanto a maior parte se transforma em calor, como ocorre com as fluorescentes. Por isso, precisam de dissipadores de calor para manter a temperatura em índices compatíveis com a operação dos LED's. Já os compostos por arseneto de gálio ou fosforeto de gálio são capazes de emitir ainda mais luz (GOEKING, 2009).

O LED existe desde 1962, mas devido ao seu baixo fluxo luminoso, era utilizado apenas para sinalização. Na década de 1990, o Dr. Shuji Nakamura da Nichia Chemical Corporation inventou o LED azul com alto fluxo luminoso, que juntamente com uma camada de fósforo, gera a luz branca. Com isso, possibilitou a utilização de LED para a iluminação (BLEY, 2012).

Os LED's têm muitas vantagens sobre lâmpadas incandescentes convencionais. Uma delas é que eles não têm um filamento que se queime e então duram muito mais tempo. Além disso, seus pequenos bulbos de plástico tornam-nos muito mais duráveis. Mas a principal vantagem é a eficiência. Em uma lâmpada incandescente convencional, o processo de produção de luz envolve a geração de muito calor (o filamento deve ser aquecido), enquanto os LED's geram pouco calor. Uma porcentagem muito mais alta de energia elétrica está indo diretamente para geração de luz, o que diminui a demanda de eletricidade consideravelmente (CASTILHO et al, 2011).

O rendimento dos diodos em geral é de cerca de 90 lúmens por watt e duram até 50 mil horas, de acordo com o tipo de LED e a qualidade de sua fabricação. A maior parte dos diodos comercializados tem 5 W, mas há tipos de 300 W no mercado (GOEKING, 2009).

Figura 7 – Lâmpadas LED



Fonte: (Portal Energia, 2015).

Uma característica importante é a alimentação do LED, que utiliza baixa alimentação de condução, entre 1,9 V e 4 V para LED de alto brilho, para LED de alta potência varia de 5 V a 12 V e opera em corrente contínua, portanto não pode ser ligada diretamente a rede elétrica fornecida pela concessionária. Faz-se então o uso de circuitos auxiliares para adequar esses sinais de tensão e ao LED (MARTELETO, 2011).

A intensidade luminosa do dispositivo é proporcional a sua corrente. Portanto, a intensidade luminosa pode ser controlada através de controle de corrente. Esse circuito de controle é conhecido como *drive* (MARTELETO, 2011).

4 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso no Campus II do Centro Universitário do Sul de Minas onde foram avaliados os tipos de lâmpadas utilizadas na instituição de ensino, e uma análise para implantação de um novo sistema de iluminação com lâmpadas LED, visando uma economia dos gastos com energia elétrica.

O principal objetivo do trabalho é apresentar um projeto mais eficiente que o atual instalado, com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

O local escolhido para o estudo de caso conta em sua maior parte com lâmpadas fluorescentes, a tabela 2 mostra mais detalhes sobre as lâmpadas instaladas no ambiente de estudo.

Tabela 2 – Lâmpadas instaladas no ambiente de estudo de caso.

LAMPADAS INSTALADAS	QUANTIDADE
FLUORESCENTE T10 - 40W	537
FLUORESCENTE T8 - 20W	93
FLUORESCENTE 3U - 15W	91
LED	100

Fonte: O autor.

Em alguns ambientes já foram realizadas a troca por lâmpadas LED's como pode ser observado na tabela acima citada, estes não estão incluso no estudo de caso.

Para um estudo mais eficaz deste trabalho, foram disponibilizadas pelos responsáveis da administração da Instituição de Ensino, mediante uma declaração da instituição autorizando o estudo de caso (ANEXO D), as plantas dos ambientes. Estas foram disponibilizadas em formato DWG, formato utilizado no software AutoCAD, com as plantas foi possível realizar as simulações com medidas exatas dos ambientes, também foi disponibilizado as contas de energia de três meses (ANEXO A) para calculo de custos de energia e consumo.

Para se obter um projeto eficiente é necessário que seja apresentado lâmpadas mais eficientes, com isso foram realizadas duas simulações: o cenário atual e cenário com lâmpadas LED. Avaliando alguns catálogos de fabricantes de lâmpadas, foram definidas as seguintes substituições:

Para substituir o modelo fluorescente tubular T10 (Tubular de 10/10 polegada) de 40W com 2600 lm e uma eficiência energética de 65 lm/W, foi escolhido a lâmpada LED tubular T8 18W com 2100 lm e uma eficiência de 117 lm/W.

Para substituir o modelo fluorescente tubular T8 (Tubular de 8/8 polegada) de 20W com 1100 lm e uma eficiência energética de 55 lm/W, foi escolhido a lâmpada LED tubular T8 10W com 1050 lm e uma eficiência de 105 lm/W.

Para substituir o modelo fluorescente 3U de 15W com 812 lm e uma eficiência energética de 56 lm/W, foi escolhido a lâmpada LED Bulbo A55 9W com 800 lm e uma eficiência de 90 lm/W.

Realizando uma análise apenas dos catálogos pode – se dizer que o projeto é eficiente, mas para comprovar que o projeto é eficiente e atende os parâmetros já definidos pela ABNT NBR ISO/IEC 8995-1 (ANEXO B) foi necessário realizar as simulações.

Com as lâmpadas e simulações já definidas a próxima etapa foi testar a viabilidade econômica do projeto, obtendo dos fabricantes o orçamento das lâmpadas (ANEXO C) para a realização do custo total do projeto, tanto para o cenário com lâmpadas instaladas quanto para o cenário eficiente com lâmpadas LED.

Com essas informações será possível entender o desenvolvimento e os objetivos do projeto. O resultado de todo esse processo será apresentado no item 5 denominado Resultados e Discussão.

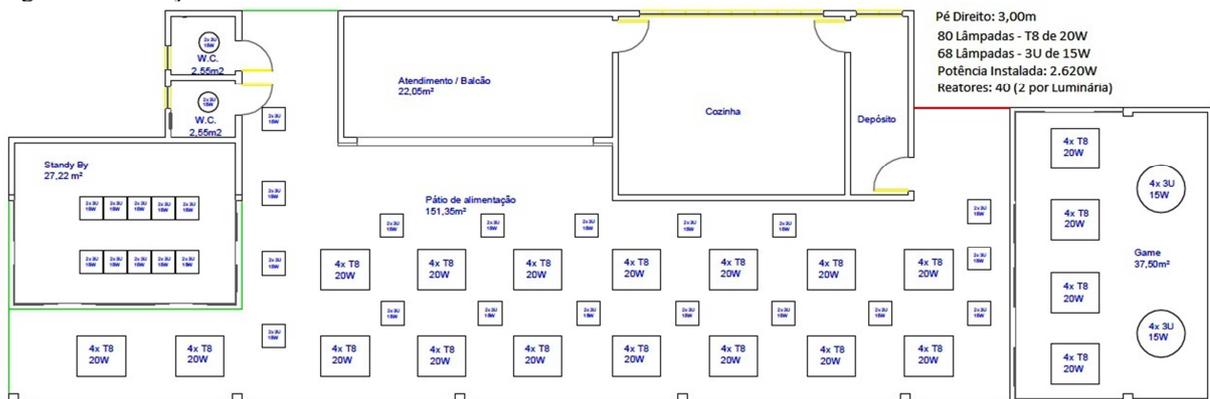
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados a seguir os cálculos de consumo de energia elétrica, investimento do projeto, eficiência energética, viabilidade do projeto e as simulações como definidos nas seções anteriores.

5.1 Área de convivência

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes da área de convivência, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 8 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 8 – Situação atual da Área de convivência



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 obteve-se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes da Área de Convivência a norma exige os parâmetros a seguir:

- Refeitórios/Cantinas – \overline{E}_m 200 lux e R_a 80;
- Sala de descanso (*Stand By*) – \overline{E}_m 100 lux e R_a 80;
- Brinquedoteca (*Game*) – \overline{E}_m 100 lux e R_a 80;
- Banheiros – \overline{E}_m 200 lux R_a 80.

A tabela 3 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente da área de convivência inteira.

Tabela 3 – Características do sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE		LED	
Modelo de Lâmpada	-	COMPACTA 3U-15W	T8-20W	BULBO A55 9W	T8-10W
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	Lumens	812	1100	800	1050
Modelo do reator	-	-	Eletrônico	-	-
Fator de fluxo luminoso do reator	-	-	0,9	-	-
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	Lumens	812	990	800	1050
Área do ambiente	m ²	221,17			
Quantidade total de lâmpadas	Unidades	68	80	68	80
Iluminância por lâmpada	Lux	3,67	4,48	3,62	4,75
Iluminância total	Lux	607,75		625,76	
Vida útil da lâmpada	Horas	6.000	10.000	15.000	40.000
Quantidade total de luminárias	Unidades	34	20	34	20
Quantidade de lâmpadas por luminária	Unidades	2	4	2	4
Potência em cada lâmpada	Watts	15	22	9	10
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	30	88	18	40
Potência total instalada	Kw	1,02	1,760	0,612	0,8

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 182 horas mensais, sendo 7 horas por dia (2 horas de manhã e 5 horas de noite) por 26 dias úteis (segunda a sábado), totalizando 1.638 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifaria verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	182	182	182	182
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	185,64	320,32	111,384	145,6
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	505,96		256,984	
Durabilidade média das	Meses	33	55	82	220

Continua

lâmpadas nesta aplicação					
Tempo de uso anual	Horas	1.638	1.638	1.638	1.68
Consumo anual de kWh	kWh/ano	1.670,76	2.882,88	1.002,46	1.310,40
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	4.553,64		2.312,86	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 4.553,64 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 2.312,86 kWh, o que significa uma redução de 2.240,78 kWh por ano, em torno de 49,2%, muito significativa conforme expressa também na tabela 4.

A tabela 5 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$ 3.413,39 (Três mil e quatrocentos e treze reais e trinta e nove centavos) contra R\$1.733,71 (um mil e setecentos e trinta e três reais e sessenta e um centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 49,2%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 16.796,80 (dezesseis mil e setecentos e noventa e seis reais e oitenta centavos).

Tabela 5 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	1.252,39	2.160,99	751,44	982,27
Custo total do consumo anual de energia	R\$	3.413,39		1.733,71	

Fonte: O autor.

Na Tabela 6 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 6 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos		FLUORESCENTE		LED	
Preço de cada lâmpada	R\$	16,09	8,77	14,20	32,92
Preço de cada acessório por luminária	R\$	-	44,90	-	-
Mão de obra	R\$	1.040	1.040	1.040	1.040
Custos de equipamentos para instalação	R\$	1.094,12	2.497,60	965,60	2.633,60
Total do investimento	R\$	4.631,72		4.639,20	

Fonte: O autor.

Estima-se uma economia de 48,4% com a manutenção de equipados com a tecnologia LED. A Tabela 7 demonstra os custos de manutenção, percebe-se uma economia de R\$ 200,32 (Duzentos reais e trinta e dois centavos) anualmente.

Tabela 7 – Custo com manutenção

Custo com manutenção	FLUORESCENTE		LED		
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	298,69	114,92	105,44	107,85

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o calculo da rentabilidade do projeto para a área de convivência. A Tabela 8 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 2 anos e 5 meses. Se levarmos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 8 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade	LED	
Investimento com lâmpadas LED	R\$	4.639,20
Economia anual com energia	R\$	1.679,68
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	200,33
Total de economia anual	R\$	1.880,01
Previsão de retorno do investimento	Anos	2,5

Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.2 Prédio Administração do Campus II

Será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes da área de convivência, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 9 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Continuação

Quantidade total de lâmpadas	unidades	18	27	18	27
Iluminância	Lux	6,45	18,58	6,35	16,68
Iluminância total	Lux	617,87		564,69	
Vida útil da lâmpada	Horas	6.000	10.000	15.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	9	10	9	10
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	2	3	2	3
Potência em cada lâmpada	Watts	15	44	9	18
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	30	132	18	54
Potência total instalada	kW	0,27	1,32	0,162	0,54

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 330 horas mensais, sendo o horário de funcionamento do Campus das 7:00h as 22:00h, por 22 dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 2.970 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	330	330	330	330
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	89,1	436,6	53,46	178,2
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	524,7		231,66	
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	18	30	45	121
Tempo de uso anual	Horas	2.970	2.970	2.970	2.970
Consumo anual de kWh	kWh/ano	801,9	3.920,4	481,14	1.603,8
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	4.722,3		2.084,94	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 4.722,3 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 2.084,94 kWh, o que significa uma redução de 2.637,36 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 10.

A tabela 11 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$3.539,82 (três mil e quinhentos e trinta e nove reais e oitenta e dois centavos) contra R\$1.562,86 (Um mil e quinhentos e sessenta e dois reais e oitenta e seis centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 55,85%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 19.769,60 (dezenove mil e setecentos e sessenta e nove reais e sessenta centavos).

Tabela 11 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	601,10	2.938,71	360,66	1.202,20
Custo total do consumo anual de energia	R\$	3.539,82		1.562,86	

Fonte: O autor.

Na Tabela 12 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 12 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos		FLUORESCENTE		LED	
Preço de cada lâmpada	R\$	16,09	8,90	14,20	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$	-	43,90	-	-
Mão de obra	R\$	380		380	
Custos de equipamentos para instalação	R\$	289,62	1.557,30	255,60	1.158,57
Total do investimento	R\$	2.226,92		1.794,17	

Fonte: O autor.

Estima-se uma economia de 36,37% com a manutenção de equipados com a tecnologia LED. A Tabela 13 demonstra os custos de manutenção, percebe-se uma economia de R\$ 78,10 (Setenta e oito reais e dez centavos) anualmente.

Tabela 13 – Custo com manutenção

Custo com manutenção		FLUORESCENTE		LED	
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	143,36	71,37	50,61	86,02

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o cálculo da rentabilidade do projeto para prédio da administração do campus. A Tabela 14

comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 9 meses. Se levamos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 14 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade		LED
Investimento com lâmpadas LED	R\$	1.794,17
Economia anual com energia	R\$	1.976,95
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	78,10
Total de economia anual	R\$	2.055,05
Previsão de retorno do investimento	Anos	0.9

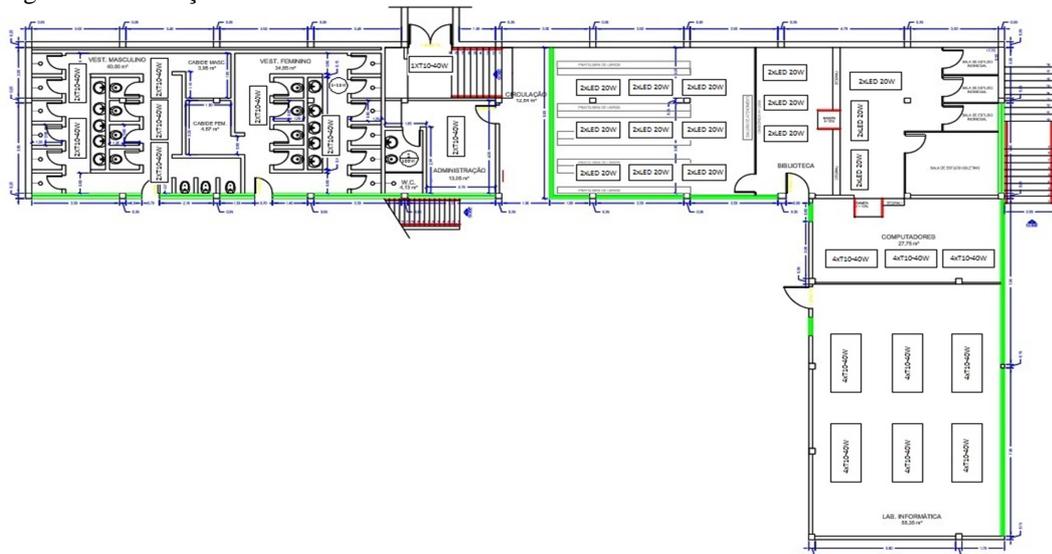
Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.3 Prédio 01 – Térreo

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes da área de convivência, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 10 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 10 – Situação atual do térreo do Prédio 1



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pôde se obter – se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes da Área de Convivência a norma exige os parâmetros a seguir:

- a) Banheiros e vestiários – \overline{E}_m 200 lux R_a 80;
- b) Laboratório de Informática - \overline{E}_m 500 lux e R_a 80.
- c) Salas comuns e salas de reunião – \overline{E}_m 200 lux e R_a 80;
- d) Corredores - \overline{E}_m 100 lux e R_a 40;

A tabela 15 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente do prédio 1 - térreo.

Tabela 15 – Características o sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE		LED	
		COMPACTA 3U-15W	T10-40W	BULBO A55 9W	T8-18W
Modelo de Lâmpada	-				
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	Lumens	812	2600	800	2100
Modelo do reator	-	Eletrônico			
Fator de fluxo luminoso do reator	-	0,9			
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	Lumens	812	2340	800	2100
Área do ambiente	m ²	160,02			
Quantidade total de lâmpadas	Unidades	2	41	2	41
Iluminância	Lux	5,07	14,62	5,00	13,12
Iluminância total	Lux	609,70		548,06	
Vida útil da lâmpada	Horas	6.000	10.000	15.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	2	15	2	15
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	1	4	1	4
Potência em cada lâmpada	Watts	15	42	9	18
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	15	168	9	72
Potência total instalada	kW	0,03	2,52	0,018	1,08

Fonte: O Autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 176 horas mensais, sendo das 7 as 11:00h e das 18:30 as 22:30 por 22 dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 1.584 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 16.

Tabela 16 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	176	176	176	176
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	5,28	443,52	3,168	190,08
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	448,8		193,248	
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	34	57	85	227
Tempo de uso anual	Horas	1.584	1.584	1.584	1.584
Consumo anual de kWh	kWh/ano	47,52	3.991,68	28,51	1.710,72
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	4.039,20		1.739,23	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 4.039,20kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 1.739,23 kWh, o que significa uma redução de 1.389,96 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 16.

A tabela 17 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$3.027,77 (Três mil e vinte e sete reais e setenta e sete centavos) contra R\$1.303,72 (um mil e trezentos e três reais e setenta e dois centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 56,94%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$17.240,50 (Dezessete mil e duzentos e quarenta reais e cinquenta centavos).

Tabela 17 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	35,62	2.992,15	21,37	1.282,35
Custo total do consumo anual de energia	R\$	3.027,77		1.303,72	

Fonte: O autor.

Na Tabela 18 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 18 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos	FLUORESCENTE		LED		
Preço de cada lâmpada	R\$	16,09	8,90	14,20	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$	-	43,90	-	-
Mão de obra	R\$	340		340	
Custos de equipamentos para instalação	R\$	32,18	2.340,40	28,40	1.759,31
Total do investimento	R\$	2.712,58		2.127,71	

Fonte: O autor.

A Tabela 19 demonstra os custos de manutenção, neste caso percebe-se a manutenção das lâmpadas LED fica mais caro R\$ 6,37 (Seis reais e trinta e sete centavos) anualmente. O que é recuperado na economia de energia e fatura como foi mostrado na tabela 17.

Tabela 19 – Custo com manutenção

Custo com manutenção	FLUORESCENTE		LED		
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	8,50	57,80	3,00	69,67

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o calculo da rentabilidade do projeto para térreo do prédio 1. A Tabela 20 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 1 anos e 2 meses. Apesar de a manutenção encarecer anualmente, se levarmos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente e a economia gerada pelo LED, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 20 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade	LED	
Investimento com lâmpadas LED	R\$	2.127,71
Economia anual com energia	R\$	1.724,05
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	- 6,37
Total de economia anual	R\$	1.717,67
Previsão de retorno do investimento	Anos	1,2

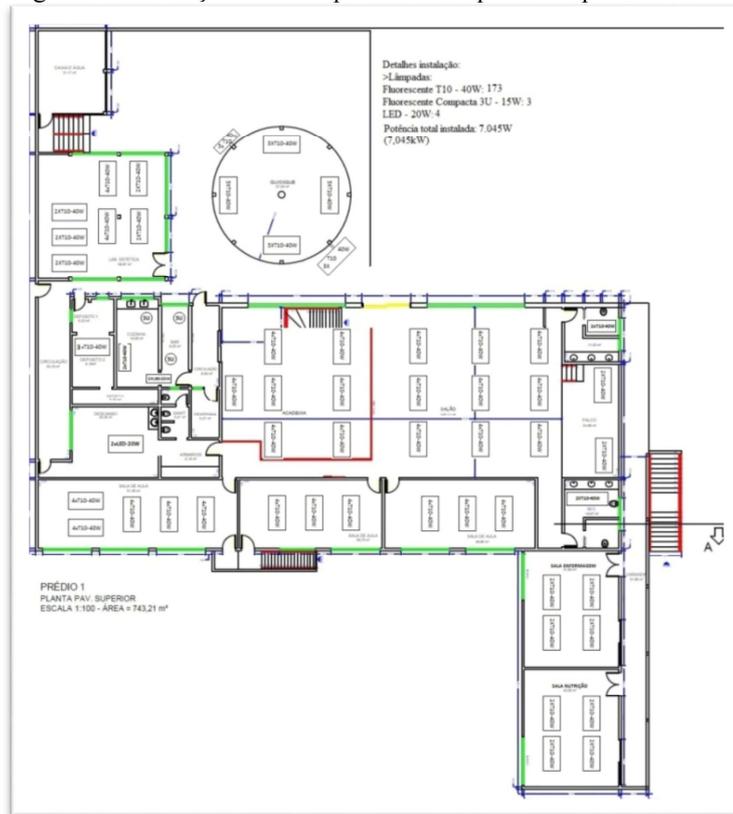
Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.4 Prédio 01 – Pavimento Superior

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes do pavimento superior do prédio 1, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 11 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 11 – Situação atual do pavimento superior do prédio 1



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pôde se obter – se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes do pavimento superior do prédio 1 a norma exige os parâmetros a seguir:

- a) Salas para exercícios físicos – \overline{E}_m 300 lux e R_a 80;
 b) Sala de descanso – \overline{E}_m 100 lux e R_a 80;
 c) Banheiros – \overline{E}_m 200 lux R_a 80.
 d) Sala de aulas noturnas, educação para adultos – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.
 e) Auditórios e teatros – \overline{E}_m 200 lux R_a 80.
 f) Cozinhas – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.
 g) Depósitos – \overline{E}_m 100 lux R_a 60.

A tabela 21 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente do pavimento superior do prédio 1.

Tabela 21 – Características do sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE		LED	
		COMPACTA 3U-15W	T10-40W	BULBO A55 9W	T8-18W
Modelo de Lâmpada	-				
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens	812	2600	800	2100
Modelo do reator	-	-	Eletrônico	-	-
Fator de fluxo luminoso do reator	-	-	0,9	-	-
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	lumens	812	2340	800	2100
Área do ambiente	m ²	576,79			
Quantidade total de lâmpadas	unidades	3	175	3	175
Iluminância	Lux	1,41	4,06	1,39	3,64
Iluminância total	Lux	714,19		641,31	
Vida útil da lâmpada	Horas	6.000	10.000	15.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	2	54	2	54
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	1	4	1	4
Potência em cada lâmpada	Watts	15	42	9	18
Potência instalada em cada luminária	Watts	15	168	9	72
Potência total instalada	kW	0,03	9,072	0,018	3,888

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 176 horas mensais, sendo das 7 as 11:00h e das 18:30 as 22:30 por 22 dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 1.584 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no

valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 22.

Tabela 22 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	176	176	176	176
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	5,28	1596,672	3,168	684,288
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	1601,95		687,46	
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	34	57	85	227
Tempo de uso anual	Horas	1.584	1.584	1.584	1.584
Consumo anual de kWh	kWh/ano	47,52	14.370,05	28,51	6.158,59
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	14.417,57		6.187,10	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 14.417,57 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 6.187,10 kWh, o que significa uma redução de 8.230,47 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 22.

A tabela 23 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$10.807,35 (Dez mil e oitocentos e sete reais e trinta e cinco centavos) contra R\$4.637,83 (Quatro mil e seiscentos e trinta e sete reais e oitenta e três centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 57%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 6.169,52 (Seis mil e cento e sessenta e nove reais e cinquenta e dois centavos).

Tabela 23 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	35,62	10.771,72	21,37	4.616,45
Custo total do consumo anual de energia	R\$	10.807,35		4.637,83	

Fonte: O autor.

Na Tabela 24 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 24 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos		FLUORESCENTE		LED	
Preço de cada lâmpada	R\$	16,09	8,90	14,20	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$	-	43,90	-	-
Mão de obra	R\$	1.120,00		1.120,00	
Custos de equipamentos para instalação	R\$	48,27	6.298,70	42,60	7.509,25
Total do investimento	R\$	7.466,97		8.611,85	

Fonte: O autor.

A Tabela 25 demonstra os custos de manutenção, neste caso percebe-se a manutenção das lâmpadas LED fica mais caro R\$ 42,42 (Quarenta e dois reais e quarenta e dois centavos) anualmente. O que é recuperado na economia de energia e fatura como foi mostrado na tabela 23.

Tabela 25 – Custo com manutenção

Custo com manutenção		FLUORESCENTE		LED	
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	12,74	246,71	4,50	297,37

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o cálculo da rentabilidade do projeto para o pavimento superior do prédio 1. A Tabela 26 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 5,1 meses. Se levarmos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 26 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade		LED
Investimento com lâmpadas LED	R\$	8.671,85
Economia anual com energia	R\$	6.169,52
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	-42,41
Total de economia anual	R\$	6.127,11
Previsão de retorno do investimento	Anos	1,4

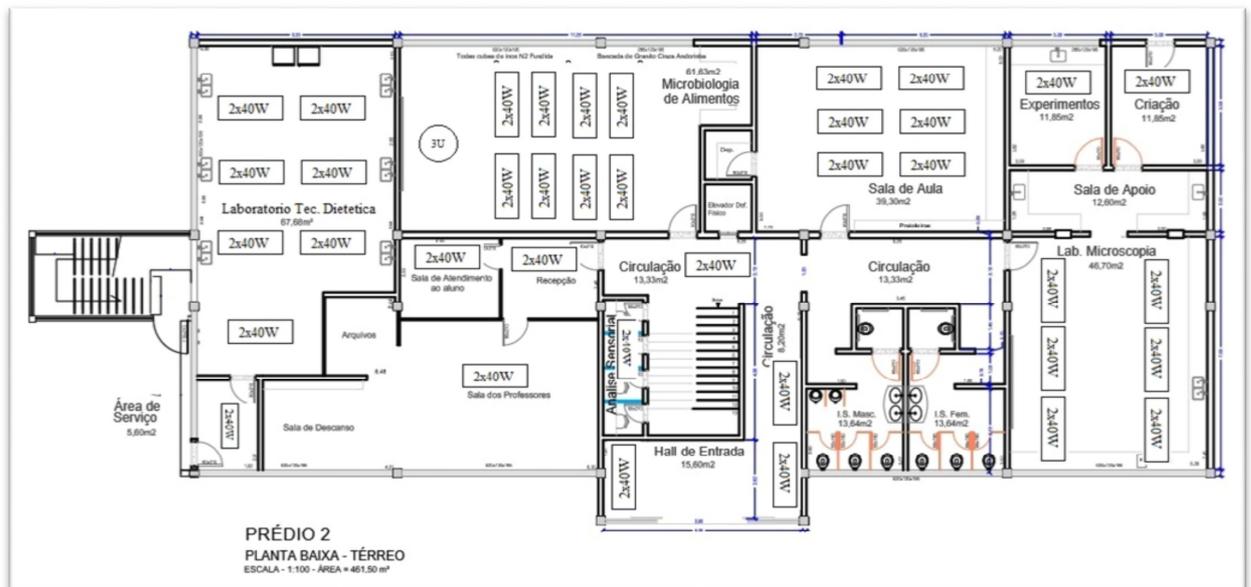
Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.5 Prédio 2 – Térreo

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes do térreo do prédio 2, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 12 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 12 – Situação atual do térreo do prédio 2.



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pôde se obter – se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes do térreo do prédio 2 a norma exige os parâmetros a seguir:

- Sala de aulas noturnas, educação para adultos – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.
- Sala de descanso – \overline{E}_m 100 lux e R_a 80;
- Banheiros – \overline{E}_m 200 lux R_a 80.
- Depósitos – \overline{E}_m 100 lux R_a 60.
- Laboratórios – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.

A tabela 27 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente do térreo do prédio 2.

Tabela 27 – Características do sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE		LED	
Modelo de Lâmpada	-	T8-20W	T10-40W	T8-10W	T8-18W
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens	1100	2600	1050	2100
Modelo do reator	-	Eletrônico (2x20W)	Eletrônico	-	-
Fator de fluxo luminoso do reator	-	0,9	0,9	-	-
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	lumens	990	2340	1050	2100
Área do ambiente	m ²	403,19			
Quantidade total de lâmpadas	unidades	7	96	7	96
Iluminância	Lux	2,46	5,80	2,60	5,21
Iluminância total	Lux	574,34		518,24	
Vida útil da lâmpada	Horas	10.000	10.000	40.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	4	48	4	48
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	2	2	2	2
Potência em cada lâmpada	Watts	22	42	10	18
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	44	84	20	36
Potência total instalada	kW	0,176	4,032	0,08	1,728

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 176 horas mensais, sendo das 7 as 11:00h e das 18:30 as 22:30 por 22 dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 1.584 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 28.

Tabela 28 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	176	176	176	176
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	30,976	709,632	14,08	304,128
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	740,608		318,208	
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	57	57	227	227
Tempo de uso anual	Horas	1.584	1.584	1.584	1.584
Consumo anual de kWh	kWh/ano	278,78	6.386,69	126,72	2.737,15
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	6.665,47		2.863,87	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 6.665,47 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 2.863,87 kWh, o que significa uma redução de 3.801,60 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 28.

A tabela 29 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$4.996,41 (Quatro mil e novecentos e noventa e seis reais e quarenta e um centavos) contra R\$2.146,75 (Dois mil e cento e quarenta e seis reais e setenta e cinco centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 57%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 28.496,60 (Vinte e oito mil e quatrocentos e noventa e seis reais e sessenta centavos).

Tabela 29 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	208,98	4.787,43	94,99	2.051,76
Custo total do consumo anual de energia	R\$	4.996,41		2.146,75	

Fonte: O autor.

Na Tabela 30 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 30 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos		FLUORESCENTE		LED	
Preço de cada lâmpada	R\$	8,77	8,90	32,92	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$	44,90	43,90	-	-
Mão de obra	R\$	1.040		1.040	
Custos de equipamentos para instalação	R\$	61,39	5.068,80	230,44	4.119,36
Total do investimento	R\$	6.170,19		5.389,80	

Fonte: O autor.

Neste caso percebe-se a manutenção das lâmpadas LED fica mais caro R\$ 15,79 (Quinze reais e setenta e nove centavos) anualmente. O que é recuperado na economia de energia e fatura como foi mostrado na tabela 29.

Tabela 31 – Custo com manutenção

Custo com manutenção		FLUORESCENTE		LED	
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	9,72	135,34	9,13	163,13

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o cálculo da rentabilidade do projeto para térreo do prédio 2. A Tabela 32 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 1 ano e 9 meses. Se levarmos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 32 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade		LED
Investimento com lâmpadas LED	R\$	5.389,80
Economia anual com energia	R\$	2.849,66
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	-27,19
Total de economia anual	R\$	2.822,47
Previsão de retorno do investimento	Anos	1,9

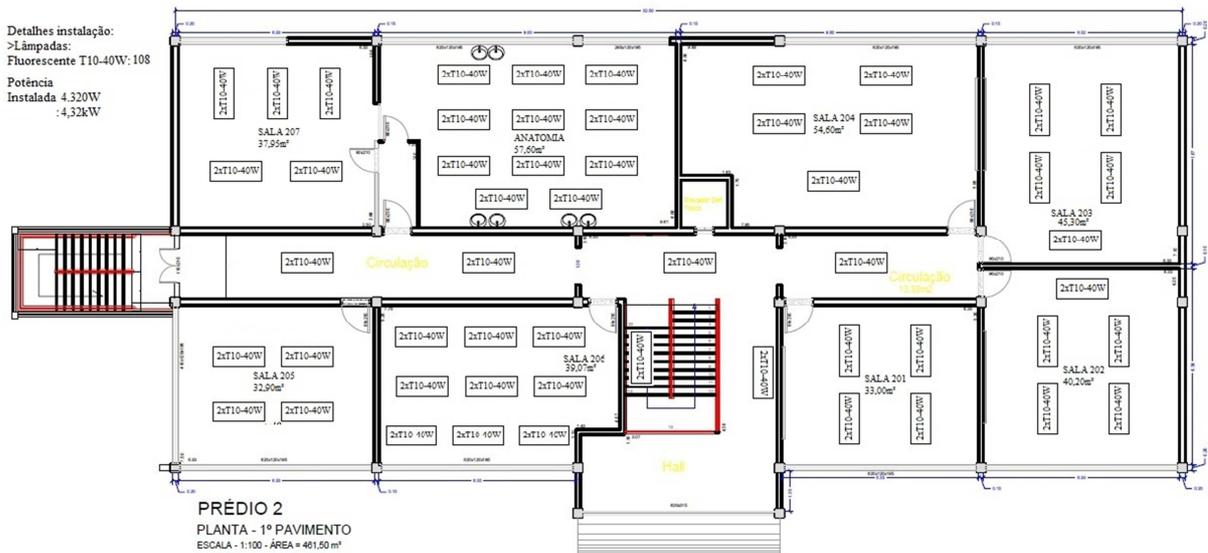
Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.6 Prédio 2 – 1º Pavimento

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes do 1º andar do prédio 2, a quantidade de iluminação que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 13 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 13 – Situação atual do 1º andar do prédio 2.



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pôde se obter – se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes do 1º andar do prédio 2 a norma exige os parâmetros a seguir:

- Sala de aulas noturnas, educação para adultos – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.
- Laboratórios – \overline{E}_m 500 lux R_a 80.

A tabela 33 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente do 1º andar do prédio 2.

Tabela 33 – Características do sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE	LED
Modelo de Lâmpada	-	T10-40W	T8-18W
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	Lumens	2600	2100
Modelo do reator	-	Eletrônico	-
Fator de fluxo luminoso do reator	-	0,9	-
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	Lumens	2340	2100
Área do ambiente	m ²	398,68	
Quantidade total de lâmpadas	unidade s	106	106
Iluminância	Lux	5,87	5,27
Iluminância total	Lux	622,15	558,34
Vida útil da lâmpada	Horas	10.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	53	53
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	2	2
Potência em cada lâmpada	Watts	42	18
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	84	36
Potência total instalada	kW	4,452	1,908

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 176 horas mensais, sendo das 7 as 11:00h e das 18:30 as 22:30 por 22 dias úteis (segunda a sexta-feira), totalizando 1.584 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 34.

Tabela 34 – Características de uso mensal e anual

Características de uso mensal		Fluorescente	LED
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	horas/mês	176	176
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	783,552	335,808
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	57	227
Consumo anual de kWh	kWh/ano	7.051,97	3.022,27

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 7.051,97 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 3.022,27 kWh, o que significa uma redução de 4.029,7 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 34.

A tabela 35 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um

custo anual de R\$5.286,12 (Cinco mil e duzentos e oitenta e seis reais e doze centavos) contra R\$2.265,48 (Dois mil e duzentos e sessenta e cinco reais e quarenta e oito centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 57,14%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 30.206,40 (trinta mil e duzentos e seis reais e quarenta centavos).

Tabela 35 – Custo anual com energia elétrica

Custos com energia elétrica	FLUORESCENTE	LED
Custo do consumo anual de energia	R\$ 5.286,12	2.265,48

Fonte: O autor.

Na Tabela 36 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 36 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos	FLUORESCENTE	LED
Preço de cada lâmpada	R\$ 8,90	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$ 43,90	-
Mão de obra	R\$ 1.060	1.060
Custos de equipamentos para instalação	R\$ 5.596,80	4.548,46
Total do investimento	R\$ 6.656,80	5.608,46

Fonte: O autor.

Neste caso percebe-se a manutenção das lâmpadas fluorescentes é 17% mais barato que a LED uma pequena diferença de R\$ 14,65 (Quatorze reais e sessenta e cinco centavos) anualmente. O que é recuperado na economia de energia e fatura como foi mostrado na tabela 35.

Tabela 37 – Custo com manutenção

Custo com manutenção	FLUORESCENTE	LED
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$ 71,37	86,02

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o cálculo da rentabilidade do projeto para o 1º pavimento do prédio 2. A Tabela 38 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 1 ano e 4 meses. Se levarmos em consideração que a vida útil do

sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 38 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade		LED
Investimento com lâmpadas LED	R\$	5.608,46
Economia anual com energia	R\$	4.029,70
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	-30,68
Total de economia anual	R\$	4.060,38
Previsão de retorno do investimento	Anos	1,4

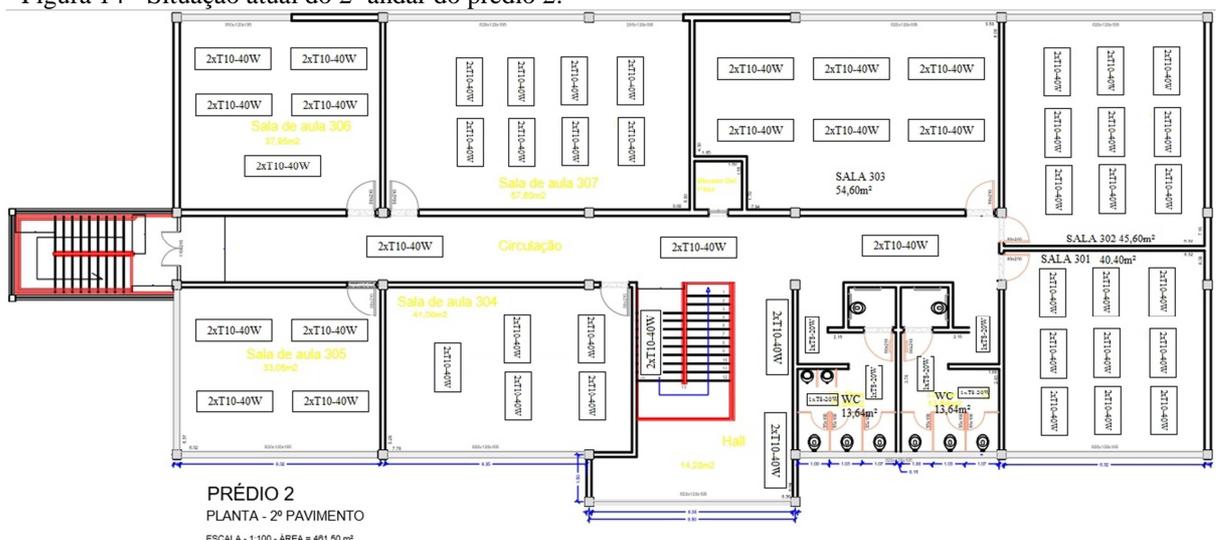
Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.7 Prédio 2 – 2º Pavimento

Primeiramente será apresentada a simulação do cenário atual dos ambientes do 2º andar do prédio 2, a quantidade de iluminância que está sendo incididas na área de trabalho, lâmpadas utilizadas e consumo. A figura 14 apresenta uma visão superficial do cenário atual.

Figura 14 - Situação atual do 2º andar do prédio 2.



Fonte: O autor.

Com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pôde se obter – se os requisitos mínimos de iluminação recomendados para diversos ambientes. Foram analisados a Iluminância mantida (\overline{E}_m , lux) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a).

Para os ambientes do 2º andar do prédio 2 a norma exige os parâmetros a seguir:

- a) Sala de aulas noturnas, educação para adultos – E_m 500 lux R_a 80.
- b) Banheiros – \overline{E}_m 200 lux R_a 80.
- c) Corredores - \overline{E}_m 100 lux e R_a 40;

A tabela 39 demonstra as características do sistema de iluminação e ambiente do 2º andar do prédio 2.

Tabela 39 – Características do sistema de iluminação e ambiente

Características do sistema de iluminação e ambiente		FLUORESCENTE		LED	
		COMPACTA 3U-15W	T10-40W	BULBO A55 9W	T8-18W
Modelo de Lâmpada	-				
Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens	1100	2600	1050	2100
Modelo do reator	-	Eletrônico	Eletrônico	-	-
Fator de fluxo luminoso do reator	-	0,9	0,9	-	-
Fluxo luminoso obtido por lâmpada	lumens	990	2340	1050	2100
Área do ambiente	m ²	370,61			
Quantidade total de lâmpadas	unidades	6	92	6	92
Iluminância	Lux	2,67	6,31	2,83	5,67
Iluminância total	Lux	596,91		538,30	
Vida útil da lâmpada	Horas	10.000	10.000	40.000	40.000
Quantidade total de luminárias	-	3	49	3	49
Quantidade de lâmpadas por luminária	-	2	2	2	2
Potência em cada lâmpada	Watts	22	42	10	18
Potência instalada em cada luminária (lâmpada + acessórios)	Watts	44	84	20	36
Potência total instalada	kW	0,132	4,116	0,06	1,764

Fonte: O autor.

Para realização dos cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 176 horas mensais, sendo das 7 as 11:00h e das 18:30 as 22:30 por 22 dias úteis (segunda a sexta-

feira), totalizando 1.584 horas por ano, considerando apenas o período letivo. Já para o cálculo financeiro do consumo energético, a tarifa considerada foi a comercial trifásico, no valor médio de R\$ 0,74959561/kWh, vale ressaltar que este valor é para a bandeira tarifária verde, a vigente no período do estudo de caso, os dados são apresentados na tabela 40.

Tabela 40 – Características de uso mensal e anual

Características de uso		FLUORESCENTE		LED	
Tempo de uso mensal (horas dia x dias úteis)	Horas/mês	176	176	176	176
Consumo mensal de kWh	kWh/mês	23,232	724,416	10,56	310,464
Total consumo mensal de kWh	kWh/mês	747,648		321,024	
Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação	Meses	57	57	227	227
Tempo de uso anual	Horas	1.584	1.584	1.584	1.584
Consumo anual de kWh	kWh/ano	209,09	6.519,74	95,04	2.794,18
Total consumo anual de kWh	kWh/ano	6.728,83		2.889,22	

Fonte: O autor.

O consumo energético anual do sistema com lâmpadas fluorescentes é de 6.728,83 kWh, enquanto o sistema com lâmpadas LED será de 2.889,22 kWh, o que significa uma redução de 3.839,61 kWh por ano, muito significativa conforme expressa também na tabela 40.

A tabela 41 apresenta os resultados financeiros em relação ao consumo energético comparando as duas tecnologias. O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$ 5.043,90 (Cinco mil e quarenta e três reais e noventa centavos) contra R\$ 2.165,74 (dois mil e cento e sessenta e cinco reais e setenta e quatro centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 57%. Em 10 anos é possível economizar o valor de R\$ 28.781,60 (Vinte e oito mil e setecentos e oitenta e um reais e sessenta centavos).

Tabela 41 – Custos anuais com energia elétrica

Custos com energia elétrica		FLUORESCENTE		LED	
Custo do consumo anual de energia	R\$	156,73	4.887,17	71,24	2.094,50
Custo total do consumo anual de energia	R\$	5.043,90		2.165,74	

Fonte: O autor.

Na Tabela 42 temos os custos de investimento para instalação das duas tecnologias, Fluorescente e LED.

Tabela 42 – Custos de Investimentos – Fluorescente x LED

Custos dos investimentos		FLUORESCENTE		LED	
Preço de cada lâmpada	R\$	8,77	8,90	32,92	42,91
Preço de cada acessório por luminária	R\$	44,90	43,90	-	-
Mão de obra	R\$	1040		1040	
Custos de equipamentos para instalação	R\$	52,62	5.121,00	197,52	3.947,72
Total do investimento	R\$	6.213,62		5.185,24	

Fonte: O autor.

Neste caso percebe-se a manutenção das lâmpadas fluorescentes é 15,9 % mais barato que a LED uma pequena diferença de R\$ 26,12 (Vinte e seis reais e doze centavos) anualmente. O que é recuperado na economia de energia e fatura como foi mostrado na tabela 41.

Tabela 43 – Custo com manutenção

Custo com manutenção		FLUORESCENTE		LED	
Custo médio anual de reposição das lâmpadas	R\$	8,34	129,70	7,82	156,33

Fonte: O autor.

Com posse dos dados acima e com os cálculos financeiros é possível realizar o cálculo da rentabilidade do projeto para o 2º andar do prédio 2. A Tabela 44 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 1 ano e 8 meses. Se levamos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que o tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 44 – Avaliação de rentabilidade

Avaliação de rentabilidade		LED
Investimento com lâmpadas LED	R\$	5.185,24
Economia anual com energia	R\$	2.878,16
Economia anual com reposição das lâmpadas (Manutenção)	R\$	- 26,12
Total de economia anual	R\$	2.852,04
Previsão de retorno do investimento	Anos	1,8

Fonte: O autor.

Deve-se levar em consideração que o sistema de lâmpadas fluorescente não atende todos os requisitos técnicos da norma NBR ISO/CIE 8995-1, mais um fator que conta para a troca do sistema de iluminação atual.

5.8 Análise financeira - Viabilidade Econômica

A tabela 45 apresenta os gastos da instituição de ensino com energia nos últimos 12 meses com o atual sistema de iluminação (Lâmpadas fluorescentes).

Tabela 45 – Média de consumo de energia elétrica com lâmpadas fluorescentes

MÊS	CONSUMO (KWh)	VALOR (KWh)	VALOR PAGO
JANEIRO	6.880,00	R\$ 0,74959561	R\$ 5.157,22
FEVEREIRO	4.320,00	R\$ 0,74602824	R\$ 3.222,84
MARÇO	10.480,00	R\$ 0,74781193	R\$ 7.837,07
ABRIL	10.720,00	R\$ 0,74781193	R\$ 8.016,54
MAIO	10.320,00	R\$ 0,74721736	R\$ 7.711,28
JUNHO	10.320,00	R\$ 0,74208764	R\$ 7.658,34
JULHO	9.840,00	R\$ 0,74640148	R\$ 7.344,59
AGOSTO	10.160,00	R\$ 0,76029770	R\$ 7.724,62
SETEMBRO	10.560,00	R\$ 0,74959561	R\$ 7.915,73
OUTUBRO	11.280,00	R\$ 0,75209826	R\$ 8.483,67
NOVEMBRO	10.560,00	R\$ 0,75399719	R\$ 7.962,21
DEZEMBRO	10.960,00	R\$ 0,75189702	R\$ 8.240,79
TOTAL	116.400,00		R\$ 87.274,92
MÉDIA	17.907,69	R\$ 0,74957000	7.272,91

Fonte: O autor.

O sistema com as lâmpadas fluorescentes apresenta um custo anual de R\$ 87.274,92 (Oitenta e sete mil e duzentos e setenta e quatro reais e noventa e dois centavos). Foi realizada uma estimativa com os gastos de janeiro a maio e de setembro a dezembro, devido à instituição de ensino ter cedido apenas às faturas de energia dos meses de junho, julho e agosto.

Com os dados obtidos nos itens 5.1 ao 5.7, foi possível analisar os gastos mensais com iluminação em kWh dos ambientes estudados onde se estima uma economia de 56,2% de energia ao mês utilizando o sistema de iluminação a LED, os dados são informados na tabela 46.

Tabela 46 – Consumo mensal de energia dos ambientes estudados

CONSUMO	FLUORESCENTE	LED	(%)
kWh	5.353,15	2.344,38	56,2%

Fonte: O Autor.

Com posse dos dados acima e com as informações de consumo de energia elétrica da instituição da tabela 46, é possível realizar uma simulação de como seria os gastos anuais da instituição para o projeto como um todo. A Tabela 47 mostra esta simulação.

Tabela 47 – Média de consumo de energia elétrica com o sistema de iluminação LED.

MÊS	CONSUMO (KWh)	VALOR (KWh)	VALOR PAGO
JANEIRO	3.012,75	R\$ 0,74959561	R\$ 2.258,35
FEVEREIRO	1.891,73	R\$ 0,74602824	R\$ 1.411,28
MARÇO	4.589,19	R\$ 0,74781193	R\$ 3.431,85
ABRIL	4.694,29	R\$ 0,74781193	R\$ 3.510,44
MAIO	4.519,13	R\$ 0,74721736	R\$ 3.376,77
JUNHO	4.519,13	R\$ 0,74208764	R\$ 3.353,59
JULHO	4.308,94	R\$ 0,74640148	R\$ 3.216,20
AGOSTO	4.449,06	R\$ 0,76029770	R\$ 3.382,61
SETEMBRO	4.624,22	R\$ 0,74959561	R\$ 3.466,30
OUTUBRO	4.939,51	R\$ 0,75209826	R\$ 3.715,00
NOVEMBRO	4.624,22	R\$ 0,75399719	R\$ 3.486,65
DEZEMBRO	4.799,38	R\$ 0,75189702	R\$ 3.608,64
TOTAL	50.971,56		R\$ 38.217,69
MÉDIA	7.841,78	R\$ 0,74957000	3.184,81

Fonte: O autor.

O sistema com as lâmpadas LED apresenta um custo anual de R\$ 38.217,69 (Trinta e oito mil e duzentos e dezessete reais e sessenta e nove centavos), a diferença com o custo de energia elétrica entre as duas tecnologias resulta em uma economia de 56,2%.

A Tabela 48 comprova que para recuperar todo o investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 1 ano e 6 meses. É possível ainda fazer uma estimativa para os próximos 10 anos, onde seriam economizados R\$490.572,30 (Quatrocentos e noventa mil e quinhentos e setenta e dois reais e trinta centavos) somente na fatura de energia e contando com a manutenção do sistema de iluminação esta economia no mesmo período de 10 anos seria de R\$ 202.986,70 (Duzentos e dois mil e novecentos e oitenta e seis reais e setenta centavos).

Tabela 48 – Avaliação de rentabilidade

TOTAL	UNIDADE	LED
INVESTIMENTO	R\$	33.416,43
ECONOMIA ANUAL DE GASTOS COM ENERGIA	R\$	20.298,67
RETORNO DO INVESTIMENTO C/LED	Anos	1,6

Fonte: O autor.

Vale salientar que o sistema com LED atende a todos os requisitos mínimos exigidos na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o tema deste trabalho se trata de eficiência energética e visto que o Brasil nos dias de hoje encontra – se em um momento muito delicado no setor de energia, cada vez mais e mais o assunto economia de energia surge em escolas, faculdades, empregos, jornais e outros. Porém pouco se faz a respeito.

O objetivo deste trabalho é justamente mostrar que é possível economizar a energia e de contrapartida investir em nova tecnologia.

O problema deste projeto seria comprovar que a escolha das lâmpadas (LED) seria adequada. As simulações propostas demonstraram que com a simples substituição das lâmpadas foi possível reduzir os gastos com iluminação em torno de 50 a 56% e manter todo o sistema dentro dos padrões aceitáveis da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Por fim, pode – se afirmar que este trabalho pode ser considerado um projeto de eficiência energética, pois o mesmo se adéqua perante a norma brasileira e se propões a reduzir o consumo de energia elétrica do local escolhido para estudo, além de comprovar ser uma opção viável economicamente com um retorno rápido do investimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **BIG - Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em 24 de novembro 2016.

BLEY, Francis B. **Especialize: LED's versus Lâmpadas Convencionais**, de maio de 2012. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n3-2012/leds-versus-lampadas-convencionais/>> Acesso em: 25 de abril de 2016.

BOYLESTAD, Robert et al. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1999.

BUSSE, Bruna N. **Especialize - Textos acadêmicos sobre eficiência energética:** uma amostra quantitativa dos últimos 40 anos de pesquisa. 2010. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=textos-academicos-sobre-eficiencia-energetica-1644617.pdf>> Acesso em: 25 de abril de 2016.

CAPELLI, Alexandre. **Energia elétrica: Qualidade e eficiência para aplicações industriais.** São Paulo: Érica, 2013.

CASTILHO, Cleon *et al.* Technoeng - **Custo Benefício: Lâmpadas LED x Fluorescente x Incandescente**, de maio de 2011. Disponível em: <http://www.cescage.edu.br/new/main.php?module=edit_edicoes&revista=1> Acesso em: 28 de abril de 2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS:** Uma visão CEMIG. Belo Horizonte. 2012.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Manual de Eficiência Energética**, de novembro 2005. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/\\$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf)> Acesso em: 28 de abril de 2016.

ECO MAIS. **Eficiência energética.** Disponível em: <<http://www.economizemaisenergia.com.br/eficiencia-energetica>> Acesso em: 08 de dezembro de 2016.

ERNESTO, Ricardo. **Eficiência energética no Brasil.** 2015. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/eficiencia-energetica-no-brasil/92062/>> Acesso em: 28 de abril de 2016.

GANSLANDT, Rüdiger et al. **Handbook Lighting Design**, Erco, 1992.

GOEKING, Weruska. **O SETOR ELETRICO: Lâmpadas e LED's**. 2009. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/176-lampadas-e-leds.html>> Acesso em: 28 de abril de 2016.

GOLDEMBERG, José. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. São Paulo Perspec. São Paulo vol.14 n° 3, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Acesso em: 28 de abril de 2016.

INSTITUTO EUVALDO LODI - IEL/Núcleo Central. **ENERGIA ELÉTRICA: Conceito, Qualidade e Tarifação**. Brasília. 2008. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Energiaeltrica-qualidade.pdf> Acesso em: 18 de maio de 2016.

JANNUZZI, Gilberto de M. **A Conservação e uso eficiente de energia no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Comciencia12-040.pdf>> Acesso em: 18 de maio de 2016.

KAWASAKI, Juliana I. **SETOR ELETRICO: UGR - Novo parâmetro para análise do controle de ofuscamento**. 2011. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/colunistas/605-ugr-novo-parametro-para-analise-do-controle-de-ofuscamento.html>> Acesso em: 18 de maio de 2016.

LEÃO, Ruth. **GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica**. 2009. Disponível em: <<http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade/PDF/Livro%20GTD.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

MARTELETO, Douglas C. **Avaliação do Diodo Emissor de Luz (LED) para Iluminação de Interiores**, 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003763.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

MENEZES, Pedro H. L. **Estudo De Lâmpadas Elétricas**, 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfgNcAI/estudo-lampadas-eletricas>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

MINIPA. **Catalogo Geral**, 2015. Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/Content/img/Catalogos/Arquivo/catalogo.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

PAULILO, Gilson. **O SETOR ELETRICO: Conceitos gerais sobre qualidade de energia**, 2013. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-revista/revista-eletronica/book/45-janeiro2013/3-2013.html>> Acesso em: 20 de maio de 2016.

PETRILLI, Eric L. et al. **Tipos de Lâmpadas**, 2012. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/109369715/LAMPADAS>> Acesso em: 18 de abril de 2016.

PORTAL ENERGIA. **11 vantagens do LED sobre a lâmpada vapor metálica e de sódio**, 2015. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/11-vantagens-do-led-sobre-a-lampada-vapor-metalica-e-de-sodio/>> Acesso em: 25 de maio de 2016.

PROCEL. **Manual de Iluminação**, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf> acesso em: 10/10/2016

RODRIGUES, Pierre. **Manual de iluminação eficiente**, 2002. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Manual_Iluminacao.pdf> Acesso em: 25 de maio de 2016.

VIANA, Augusto N. C. et al. **EFICIENCIA ENERGETICA: Fundamentos e aplicações**. Elektro, 2012.

ANEXO A – Faturas de Energia

Para um estudo mais eficiente a instituição de ensino cedeu às faturas dos meses de junho, julho e agosto de 2016. Com elas foi possível ver a viabilidade econômica do projeto.

Figura 15 - Fatura de Energia de junho

Informações Gerais

AS aplicado conforme Lei nº 21.781/15.
 Nota fiscal de 03/2016 quitada em 18/04/2016.
 Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c.
 O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.
 Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.

ABR/2016 Band. Verde - MAI/2015 Band. Verde

Indicadores de Qualidade de Fornecimento

Vargemha 1
 Mês: 03/2016

Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,19	10,38	20,77
FIC 0,00	3,17	6,35	12,70
DMIC 0,00	2,94	-	-
DICRI 0,00	12,22	-	-

Tensão: Nominal=220/127 V Min.=201/116 V Máx.=231/133 V
 Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$2.835,36

Informações de Faturamento

Parcelas	Valor R\$	%	Parcelas	Valor R\$	%
Parcela	2.535,78	33,11	Enc. Setoriais	961,04	12,55
Distribuição	1.536,86	20,07	Tributos	2.397,81	31,31
Transmissão	226,83	2,96	Total	7.658,32	100,00

Histórico do Consumo

Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias de Faturamento
MAI/15	10.320	332,90	31
ABR/15	10.720	345,80	31
MAR/15	10.480	361,37	29
FEV/15	4.320	154,28	28
JAN/15	6.880	208,48	33
DEZ/15	10.960	377,93	29
NOV/15	10.560	320,00	33
OUT/15	11.280	376,00	30
SET/15	10.560	364,13	29
AGO/15	7.680	232,72	33
JUL/15	9.780	325,33	30
JUN/15	9.920	354,28	28
MAI/15	10.180	307,87	33

Valores Faturados

Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	10.320	0,74208784	7.658,32

Tarifas aplicadas (sem impostos)

Energia Elétrica kWh 0,50974000

Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas
 Vencimento: 17/06/16
 Centro de Custo:

Maxwell Fernando Camargo
 RG: MG-12.833.136

VENCIMENTO
17/06/2016

VALOR A PAGAR
R\$ 7.658,32

Reservado ao Fisco
 16AB.27A6.7952.BA52.FAF9.CC28.C9F2.F5FC

Base de cálculo(R\$)	ICMS Aliquota(%)	Valor(R\$)	PASEP (R\$)	COFINS (R\$)
7.658,32	25	1.914,58	85,77	397,48

Katiciene Souza e Silva
 RG: MG: 16.065.57

CPI C.C. 5127

Fonte: (CEMIG, 2016.)

Figura 16 - Fatura de energia de julho

Informações Gerais		Valores Faturados																																																											
<p>Reajuste Tarifário: percentual médio de 3,73%, conforme Resolução nº 2.076 de 24/5/2016. ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. Nota fiscal de 04/2016 quitada em 17/05/2016. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.</p>		Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)																																																								
<p>MAI/2016 Band. Verde - JUN/2016 Band. Verde</p>		Energia Elétrica kWh	9.840	0,74640148	7.344,58																																																								
<p>Indicadores de Qualidade de Fornecimento</p> <p>Varg (mês) 1 Mês: 04/2016</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Apurado Mensal</th> <th>Mensal</th> <th>Trimestral</th> <th>Anual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIC</td> <td>5,19</td> <td>10,38</td> <td>20,77</td> </tr> <tr> <td>FIC</td> <td>3,17</td> <td>6,35</td> <td>12,70</td> </tr> <tr> <td>DMIC</td> <td>2,94</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DICRI</td> <td>12,22</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tensão: Nominal=220/127 V Min -201/116 V Máx.=231/133 V Valor Encargo Uso Sist. Distribuição R\$2.900,28</p>		Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	DIC	5,19	10,38	20,77	FIC	3,17	6,35	12,70	DMIC	2,94	-	-	DICRI	12,22	-	-	<p>Tarifas aplicadas (sem impostos)</p> <p>Energia Elétrica kWh 0,61389742</p>																																							
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual																																																										
DIC	5,19	10,38	20,77																																																										
FIC	3,17	6,35	12,70																																																										
DMIC	2,94	-	-																																																										
DICRI	12,22	-	-																																																										
<p>Informações de Faturamento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parcelas</th> <th>Valor R\$</th> <th>%</th> <th>Parcelas</th> <th>Valor R\$</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ener</td> <td>2.437,58</td> <td>33,19</td> <td>Enc. Setoriais</td> <td>923,82</td> <td>12,58</td> </tr> <tr> <td>Distribuição</td> <td>1.477,32</td> <td>20,11</td> <td>Tributos</td> <td>2.287,83</td> <td>31,15</td> </tr> <tr> <td>Transmissão</td> <td>218,05</td> <td>2,97</td> <td>Total</td> <td>7.344,58</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table>		Parcelas	Valor R\$	%	Parcelas	Valor R\$	%	Ener	2.437,58	33,19	Enc. Setoriais	923,82	12,58	Distribuição	1.477,32	20,11	Tributos	2.287,83	31,15	Transmissão	218,05	2,97	Total	7.344,58	100,00	<p>RG: MG: 16.065.536 Katiciene Souza e Silva WSSuplto C.C. 5127 CP2</p>																																			
Parcelas	Valor R\$	%	Parcelas	Valor R\$	%																																																								
Ener	2.437,58	33,19	Enc. Setoriais	923,82	12,58																																																								
Distribuição	1.477,32	20,11	Tributos	2.287,83	31,15																																																								
Transmissão	218,05	2,97	Total	7.344,58	100,00																																																								
<p>Histórico do Consumo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mês/Ano</th> <th>Consumo kWh</th> <th>Média kWh/Dia</th> <th>Dias de Faturamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>JUN/16</td><td>9.840</td><td>317,41</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAI/16</td><td>10.320</td><td>332,90</td><td>31</td></tr> <tr><td>ABR/16</td><td>10.720</td><td>345,80</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAR/16</td><td>10.480</td><td>361,37</td><td>29</td></tr> <tr><td>FEV/16</td><td>4.320</td><td>154,28</td><td>28</td></tr> <tr><td>JAN/16</td><td>6.880</td><td>208,48</td><td>33</td></tr> <tr><td>DEZ/15</td><td>10.980</td><td>377,93</td><td>29</td></tr> <tr><td>NOV/15</td><td>10.560</td><td>320,00</td><td>33</td></tr> <tr><td>OUT/15</td><td>11.280</td><td>376,00</td><td>30</td></tr> <tr><td>SET/15</td><td>10.560</td><td>364,13</td><td>29</td></tr> <tr><td>AGO/15</td><td>7.680</td><td>232,72</td><td>33</td></tr> <tr><td>JUL/15</td><td>9.700</td><td>325,33</td><td>30</td></tr> <tr><td>JUN/15</td><td>9.920</td><td>354,28</td><td>28</td></tr> </tbody> </table>		Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias de Faturamento	JUN/16	9.840	317,41	31	MAI/16	10.320	332,90	31	ABR/16	10.720	345,80	31	MAR/16	10.480	361,37	29	FEV/16	4.320	154,28	28	JAN/16	6.880	208,48	33	DEZ/15	10.980	377,93	29	NOV/15	10.560	320,00	33	OUT/15	11.280	376,00	30	SET/15	10.560	364,13	29	AGO/15	7.680	232,72	33	JUL/15	9.700	325,33	30	JUN/15	9.920	354,28	28	<p>VENCIMENTO 17/07/2016</p>		<p>VALOR A PAGAR R\$ 7.344,58</p>	
Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias de Faturamento																																																										
JUN/16	9.840	317,41	31																																																										
MAI/16	10.320	332,90	31																																																										
ABR/16	10.720	345,80	31																																																										
MAR/16	10.480	361,37	29																																																										
FEV/16	4.320	154,28	28																																																										
JAN/16	6.880	208,48	33																																																										
DEZ/15	10.980	377,93	29																																																										
NOV/15	10.560	320,00	33																																																										
OUT/15	11.280	376,00	30																																																										
SET/15	10.560	364,13	29																																																										
AGO/15	7.680	232,72	33																																																										
JUL/15	9.700	325,33	30																																																										
JUN/15	9.920	354,28	28																																																										
<p>Reservado ao Fisco 46BE.521B.66EE.01D0.F707.16D1.364D.0850</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Base de cálculo(R\$)</th> <th>ICMS Aliquota(%)</th> <th>Valor(R\$)</th> <th>PASEP (R\$)</th> <th>COFINS (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.344,58</td> <td>25</td> <td>1.836,14</td> <td>80,79</td> <td>370,90</td> </tr> </tbody> </table>		Base de cálculo(R\$)	ICMS Aliquota(%)	Valor(R\$)	PASEP (R\$)	COFINS (R\$)	7.344,58	25	1.836,14	80,79	370,90																																																
Base de cálculo(R\$)	ICMS Aliquota(%)	Valor(R\$)	PASEP (R\$)	COFINS (R\$)																																																									
7.344,58	25	1.836,14	80,79	370,90																																																									

Fonte: (CEMIG, 2016.)

Figura 17 - Fatura de energia de agosto

Informações Técnicas						
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh	
Energia kWh	0AA99000150	11.208	11.335	80	10.160	

Informações Gerais		Valores Faturados															
<p>Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.076, de 24/5/16 ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. Nota fiscal de 05/2016 quitada em 17/06/2016. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. Leitura realizada conf. calendário de faturamento. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Preço</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>10.160</td> <td>0,70029770</td> <td>7.724,60</td> </tr> </tbody> </table>	Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	10.160	0,70029770	7.724,60	<p>Tarifas aplicadas (sem impostos)</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>0,53122000</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energia Elétrica kWh	0,53122000		
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)														
Energia Elétrica kWh	10.160	0,70029770	7.724,60														
Energia Elétrica kWh	0,53122000																
<p>JUN/2016 Band. Verde - JUL/2016 Band. Verde</p>		<p><i>Katciene Souza e Silva</i> RG: MG: 16.065.536</p>															

Indicadores de Qualidade de Fornecimento					
Vargemina I					
Mês: 05/2016					
Apurado Mensal		Valores Permitidos:			
DIC	0,00	Mensal	5,19	Trimestral	10,38
FIC	0,00		3,17		12,70
DMIC	0,00		2,94		-
DMCRI	0,00		12,22		-
Tensão: Nominal=220/127 V Min.=201/118 V Máx.=231/133 V					
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$2.792,07					

Informações de Faturamento				
Parcela	Valor R\$	%	Parcelas	Valor R\$
Enc. Setorais	2.601,66	33,66	Enc. Setorais	988,01
Distribuição	1.578,79	20,42	Tributos	2.327,41
Transmissão	232,73	3,01	Total	7.724,60

Histórico do Consumo			
Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias de Faturamento
JUL/16	10.160	350,34	29
JUN/16	9.840	317,41	31
MAI/16	10.320	332,90	31
ABR/16	10.720	345,80	31
MAR/16	10.480	338,37	29

VENCIMENTO		VALOR A PAGAR	
17/08/2016		R\$ 7.724,60	

Reservado ao Fisco			
6128.A2A6.5C3D.F9E6.7F3F.7D9C.B054.4368			
Base de cálculo(R\$)	ICMS Aliquota(%)	Valor(R\$)	
7.724,60	25	1.931,15	
			PASEP (R\$)
			67,97
			COFINS (R\$)
			328,29

Fonte: (CEMIG, 2016.)

ANEXO B - Requisitos para o planejamento da iluminação

Neste anexo são apresentadas as figuras 8, 9 e 10, sobre os requisitos mínimos para o planejamento da iluminação de interiores exigidos pela norma ABNT IEC 8995, este trabalho foi baseado.

Figura 18 - Requisitos para o planejamento da iluminação – Áreas gerais da edificação

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
1. Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013)

Figura 19 - Requisitos para o planejamento da iluminação – Construções educacionais

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux.
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	$T_{cp} > 5\ 000\ K.$
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Laboratório linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58 – 1983 e CIE 62 – 1984.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.)

Figura 20 - Requisitos para o planejamento da iluminação - Bibliotecas

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
26. Bibliotecas				
Estantes	200	19	80	
Área de leitura	500	19	80	
Bibliotecárias	500	19	80	

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.)

ANEXO C – Orçamento de lâmpadas LED

Figura 21 – Orçamento de lâmpadas LED

Belo Horizonte, quarta-feira, 27 de outubro de 2016.

JOÃO PAULO LOPES SCHIAVON

/

Att.: SR. JOÃO PAULO

S/Ref.:

Proposta nº: **0918/16-19**



Loja Elétrica Ltda.

Apresentamos proposta dos produtos de nossa representada LOJA ELÉTRICA LTDA conforme abaixo..:

IT	QTDE	DESCRIÇÃO	UN	PREÇO	IPI	TOTAL	ENTREGA
1	537,00	LAMPADA LED TUB.18W BIV.T8 1200MM 865 6500K PHILIPS	PÇ	42,910	0	23.042,670	Imediata
2	93,00	LAMPADA LED TUB.10W BIV.T8 600MM 865 6500K PHILIPS	PÇ	32,900	0	3.059,700	Imediata
3	91,00	LAMPADA LED A60 09W BIV.6500K E27 PHILIPS	PÇ	14,200	0	1.292,200	Imediata
TOTAL		R\$ 27.238,14	IPI	R\$ 0,00	GERAL	R\$ 27.394,57	

ICMS Alíquota de 18%, já inclusa nos preços ofertados.

S. TRIBUTÁRIA Não há incidência.

IPI Não há incidência.

PAGAMENTO 28 DDL (Após aprovação de cadastro)

ENTREGA Imediata / 10 dias, sujeito a confirmação

MATERIAL POSTO FOB - Belo Horizonte/MG

VALIDADE 5 DIAS

Na expectativa do bom acolhimento desta, subscrevemo-nos

Atenciosamente

DIEGO FRAGOSO

Telefax: (31)32950277 - Cel: (35)9 98422458

e-mail: diego.fragoso@unielectric.com.br

0918/16-19 Página 1 de 1

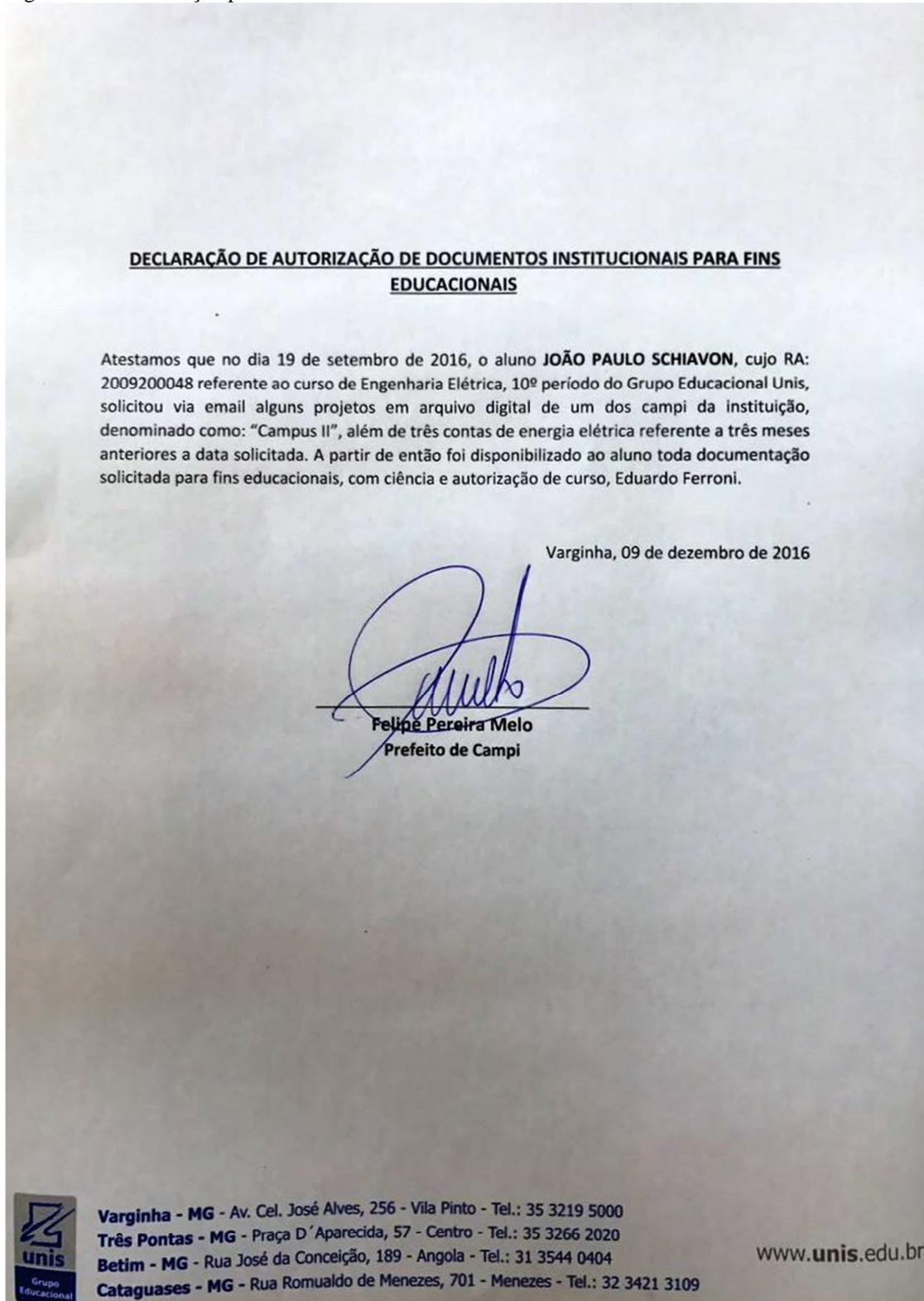
UNIELECTRIC REPRESENTAÇÕES TÉCNICAS LTDA
RUA MERCÊS, 28A BAIRRO: PRADO - BELO HORIZONTE/MG

Banco de Dados gerenciável com interface gráfica, ideal para pequenas/médias empresas - (31)3477-1030

Fonte: (LOJA ELETRICA LTDA. 2016.)

ANEXO D – Autorização para estudo de caso

Figura 22 – Autorização para estudo de caso



Fonte: (CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS, 2016.)