

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA ELÉTRICA

DANIEL RICARDO PIRES

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA LÂMPADA LED TUBULAR
T8 EM COMPARAÇÃO A LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR T8 EM
PRÉDIOS PÚBLICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018

Daniel Ricardo Pires

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA LÂMPADA LED TUBULAR
T8 EM COMPARAÇÃO A LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR T8 EM
PRÉDIOS PÚBLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso da graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Me. João César de Paula Salve

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Elétrica
Curso de Engenharia Elétrica



FOLHA DE APROVAÇÃO

Daniel Ricardo Pires

Estudo da viabilidade da utilização da lâmpada LED tubular T8 em comparação a lâmpada fluorescente tubular T8 em prédios públicos.

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 18:00 hs do dia 15/08/2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi argüido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Me(a). João Cesar de Paula Salve - Presidente (Orientador)

Prof(a). Me(a). Marco Antonio Ferreira Finocchio - (Membro)

Prof(a). Dr(a). Murilo da Silva - (Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós e aos meus pais que não tiveram a oportunidade de estudar como seu neto/filho mas que conquistou junto com ele o seu diploma.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por ter me guiado em todos os passos da minha vida me dando força, sabedoria e fé para chegar onde cheguei.

Agradeço os meus familiares pela força que me deram para terminar mais essa fase da minha vida.

Agradeço a todos os meus amigos que me ajudaram dentro e fora da Universidade. Nunca esquecerei dessa amizade e dos bons tempos que passamos.

Agradeço o orientador por toda a ajuda.

RESUMO

PIRES, Daniel Ricardo. **ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA LÂMPADA LED TUBULAR T8 EM COMPARAÇÃO A LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR T8 EM PRÉDIOS PÚBLICOS**. 2018. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

A utilização das lâmpadas LED (*Light emitting diode*) para iluminação de ambientes vem aumentando nos últimos anos devido aos testes feitos em eficiência energética, durabilidade e luminosidade. Entretanto existem poucos estudos comparativos relacionados a eficiência energética e iluminação da lâmpada LED tubular T8 com a lâmpada fluorescente tubular T8. Este trabalho tem por objetivo comparar essas duas lâmpadas e determinar: qual delas é mais viável economicamente de se utilizar, com maior desempenho na iluminação de um ambiente e que forneça uma melhor qualidade de energia.

Palavras-chave: Eficiência energética, qualidade de energia, viabilidade, lâmpada fluorescente tubular T8, lâmpada LED tubular T8, comparativo.

ABSTRACT

PIRES, Daniel Ricardo. **STUDY OF THE FEASIBILITY OF THE USING THE T8 TUBULAR LED LAMP IN COMPARISON THE T8 TUBULAR FLUORESCENT LAMP IN PUBLIC BUILDINGS.** 2018. 86 f. Course Completion Work (Graduation) – Electrical Engineering. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

The use of light emitting diode (LED) lamps for ambient lighting has been increasing in recent years due to energy efficiency, durability and luminosity tests. However, there are few comparative studies related to the energy efficiency and lighting of the T8 tube LED lamp with the T8 tube fluorescent lamp. The aim of this work is to compare these two lamps and determine which of them is more economically feasible to use, with greater performance in lighting an environment and providing a better quality of energy.

Keywords: Energy efficiency, energy quality, viability, T8 tube fluorescent lamp, T8 tube LED lamp, comparative.

LISTA DE TABELAS

Tabela1 - Dados do espectro de onda eletromagnética.....	12
Tabela 2 - Iluminância adequada para o ambiente.....	16
Tabela 3 - Ficha técnica dos fabricantes.....	25
Tabela 4 - Iluminância das Lâmpadas LED Cristal Tubulares T8.....	26
Tabela 5 - Iluminância das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8.....	27
Tabela 6 - Ficha técnica das lâmpadas LED tubulares T8.....	29
Tabela 7 - Ficha técnica das lâmpadas fluorescentes tubulares T8.....	30
Tabela 8 - Iluminância das Lâmpadas LED Tubulares T8.....	31
Tabela 9 - Iluminância das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8.....	31
Tabela 10 - Iluminância mínima, média e máxima das lâmpadas LED tubulares T8.....	32
Tabela 11 - Iluminância mínima, média e máxima das lâmpadas fluorescentes tubulares T8.....	33
Tabela 12 - Cálculo da rentabilidade econômica em um mês.....	35
Tabela 13 - Cálculo da rentabilidade econômica em um ano.....	37
Tabela 14 - Retorno financeiro da Lâmpada LED Tubular T8 de uma sala.....	40
Tabela 15: Rentabilidade econômica em um mês das 68 salas.....	41
Tabela 16: Rentabilidade econômica em um ano das 68 salas.....	43
Tabela 17: Retorno financeiro da Lâmpada LED Tubular T8 das 68 salas.....	45
Tabela 18: Harmônicos.....	52
Tabela 19: Distorções harmônicas.....	52

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	10
1.1.1 Objetivos Gerais	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Conceito Luminotécnico	11
2.1.1 Luz	11
2.1.2 Tonalidade da cor da luz	12
2.1.3 Índice de Reprodução de Cor	13
2.1.4 Intensidade Luminosa	15
2.1.5 Fluxo Luminoso	15
2.1.6 Iluminância	16
2.1.7 Ofuscamento	17
2.2 Princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes	17
2.3 Princípio de funcionamento das lâmpadas LED	19
2.4 Harmônicos	20
2.4.1 Efeitos das Harmônicas	22
2.5 Software <i>Relux</i>	22
3 METODOLOGIA	23
4 MEDIÇÕES, SIMULAÇÕES E RESULTADOS	24
4.1 Dados técnicos reais	24
4.2 Iluminância real	25
4.3 Simulação	28
4.3.1 Dados técnicos simulado	29
4.3.2 Iluminância simulada	30
4.3.3 Financeira	33
4.4 Harmônicos	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56

ANEXO A: Valores de iluminâncias simuladas.....	57
ANEXO B: Código MATLAB.....	84

1 INTRODUÇÃO

A explosão demográfica nas últimas décadas devido a primeira, segunda e terceira revolução industrial mudou o quadro global de produção, transporte, energia, comércio e afins.

A procura de fontes de energia renováveis, melhoramento da eficiência energética e redução do consumo de energia tornou-se mais atrativa no início da década de 70. Nessa década, houve embargos de fornecimento de petróleo pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) aos Estados Unidos, Europa ocidental e Japão devido ao conflito travado entre árabes e israelenses na guerra dos seis dias.

Outros fatos contribuíram para esse desenvolvimento da tecnologia, como o acidente nuclear em Three Mile Island no estado da Pensilvânia Estados Unidos da América em 1979, o maior até então. Além do maior acidente nuclear da história, Chernobyl na extinta União Soviética em 1986, localizada hoje na Ucrânia. Esses fatores mudaram o ponto de vista das pessoas quanto a utilização da energia nuclear para suprir suas necessidades energéticas devido ao seu alto nível de periculosidade abrindo espaço para o surgimento de outras fontes de energia mais seguras.

As cidades tornaram-se cada vez mais populosas exigindo uma maior demanda de energia. No Brasil, o governo federal criou incentivos para aumentar a geração de energia solar pelas unidades consumidoras e criação de parques eólicos, setores pouco aproveitáveis no país até então, a fim de aumentar a geração de energia e diminuir o quilowatt (kW) gerado por CO₂ emitido.

Só no Brasil, o consumo total de energia elétrica abrangendo a iluminação de residências, escritórios, fábricas e vias públicas encontra-se com 20% de toda a energia elétrica gasta. A mudança de luminárias e a utilização de lâmpadas como as LED possibilitam uma alternativa de redução nesses gastos com energia em comparação com lâmpadas menos rentáveis, proporcionando: economia na tarifa de energia, melhor qualidade de energia e diminuição de gases nocivos ao ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Estudar a viabilidade de se utilizar lâmpadas LED tubulares T8 para iluminação em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 em prédios públicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Levantar a ficha técnica dos fabricantes de cada lâmpada;
- Medir a luminosidade das lâmpadas LED tubulares T8 e das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 utilizando o luxímetro, em hora e hora, de uma sala de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio em dois períodos diferentes: dia e noite;
- Simular a luminosidade utilizando o software *RELUX* de uma sala de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio nas condições ambientes próximas das reais utilizando lâmpadas LED tubulares T8 e lâmpadas fluorescentes tubulares T8;
- Simular a tarifa de energia de cada lâmpada ligada em um mês e um ano no ambiente de sala de aula;
- Medir os harmônicos da lâmpada LED tubular T8 e da lâmpada fluorescente tubular T8 e calcular as suas distorções harmônicas de tensão e de corrente.
- Comparar os dados reais e os resultados simulados e verificar qual lâmpada tem uma melhor iluminância, qual é mais econômica financeiramente a ser utilizada em relação a tarifa de energia no mês e no ano e qual apresenta um valor menor de distorção harmônica;
- Benefício financeiro e de qualidade de energia na comparação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

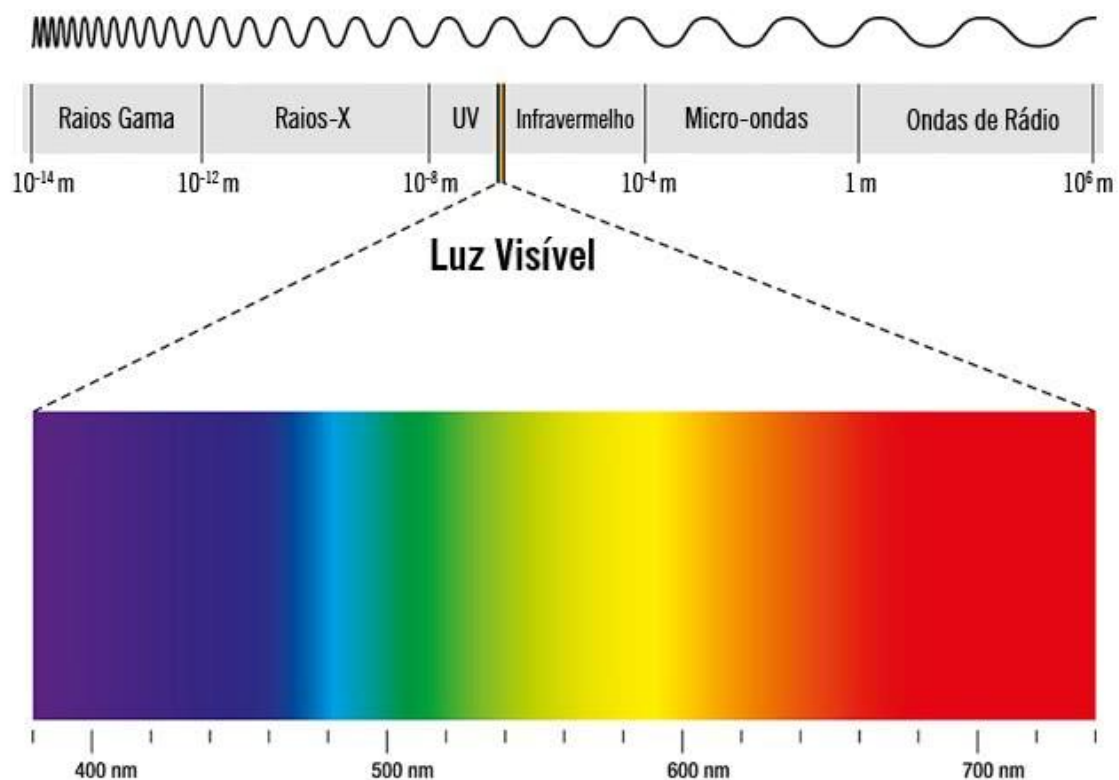
Este capítulo apresentará o conteúdo para entendimento do estudo.

2.1 Conceito Luminotécnico

2.1.1 Luz

Existem diversas formas de se retratar o que é a luz. Na física, sua retratação é de uma onda transversal de natureza eletromagnética segundo Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), capaz de se propagar em qualquer meio que exista. Somente é visível ao olho humano devido ao comprimento de onda restrito ao intervalo de $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ a $7,2 \times 10^{-7} \text{ m}$, como mostrado na Figura 1 (ZILIO, 2009).

Figura 1 - Espectro eletromagnético da onda em metros



Na Figura 1, a cor das cores é representada pelo seu respectivo comprimento de onda definido no arco-íris de Maxwell apresentado na faixa visível de luz. A faixa com menor comprimento de onda e maiores frequências é representado pelos raios gama. As ondas de rádio são as maiores em comprimento de onda com menores frequências no espectro eletromagnético. Uma melhor apresentação do comprimento e frequência das ondas é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados do espectro de onda eletromagnética

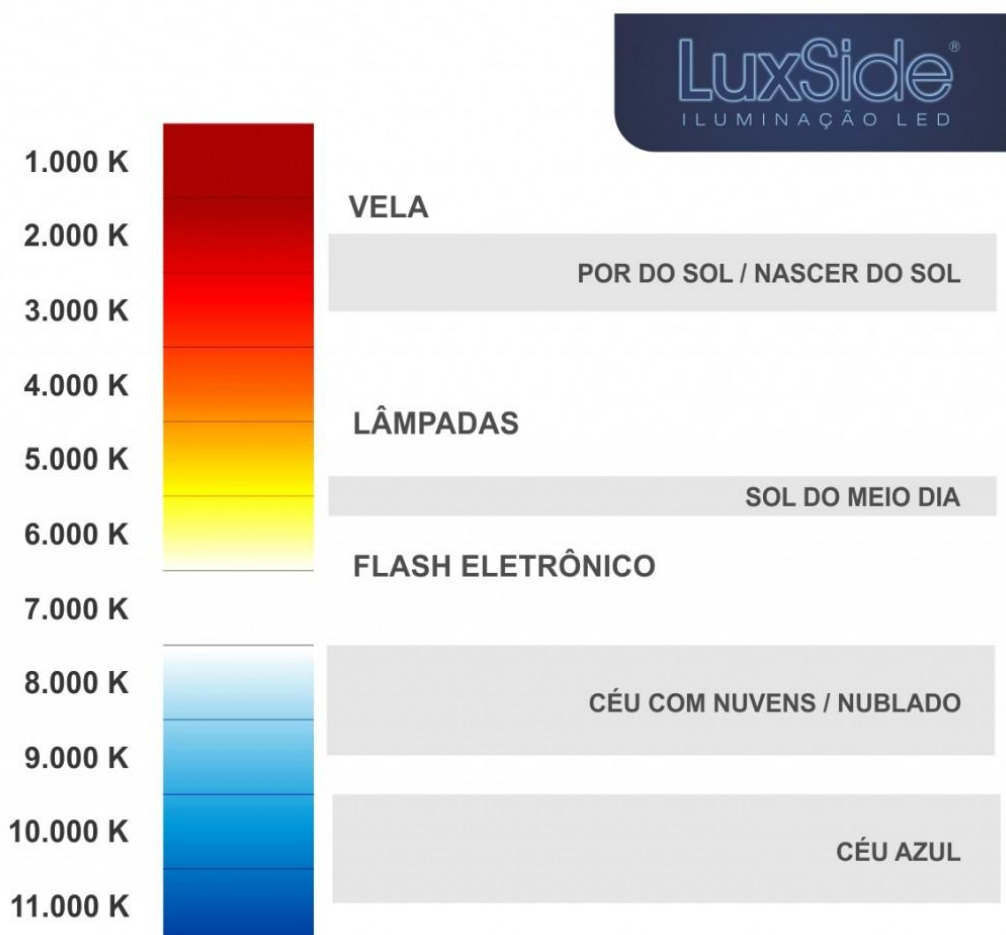
	Comprimento de onda (Angstroms)	Comprimento de onda (centímetros)	Frequência (Hz)	Energia (eV)
Rádio	$>10^9$	>10	$<3 \times 10^9$	$<10^{-5}$
Micro-ondas	$10^9 - 10^6$	$10 - 0.01$	3×10^9 $- 3 \times 10^{12}$	$10^{-5} - 0.01$
Infra-vermelho	$10^6 - 7000$	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$	3×10^{12} $- 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 2$
Visível	$7000 - 4000$	7×10^{-5} $- 4 \times 10^{-5}$	4.3×10^{14} $- 7.5 \times 10^{14}$	$2 - 3$
Ultravioleta	$4000 - 10$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$	7.5×10^{14} $- 3 \times 10^{17}$	$3 - 10^3$
Raios-X	$10 - 0.1$	$10^{-7} - 10^{-9}$	3×10^{17} $- 3 \times 10^9$	$10^3 - 10^5$
Raios gama	<0.1	$<10^{-9}$	$>3 \times 10^9$	$>10^5$

2.1.2 Tonalidade da cor da luz

A temperatura da cor retrata a tonalidade da cor da luz, sendo sua unidade expressada em Kelvin (K). Quanto mais alto a temperatura da cor, mais branca é a cor da luz. A “luz quente” é a aparência de cor que se aproxima da cor amarelada com temperatura de cor por volta de 3000 K ou menos. Já a “luz fria”, ao contrário, tem aparência azul-violeta com temperatura

de cor elevada de 6000 K ou mais. A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é 5800 K (MAIA; VILLAR; OLIVEIRA; ALMEIDA, 2011). Suas tonalidades de cor são representadas na Figura 2.

Figura 2 - Temperatura da Cor



2.1.3 Índice de Reprodução de Cor

O índice de reprodução de cor (IRC) compara a cor real do objeto ou superfície quando iluminada por uma luz artificial em relação com a luz natural do sol. Seu índice varia de zero a cem mostrado na Figura 3, onde a maior fidelidade e precisão da reprodução das cores está próximo ao cem por cento como é o caso das lâmpadas halógenas e incandescentes.

Figura 3 - Índice de reprodução de cor das lâmpadas



Para cada ambiente ou atividade realizada no local, a tonalidade da cor é fundamental para a iluminação devido algumas cores se adaptarem melhores do que as outras. As lâmpadas que emitem fechos de luz amarelados, ou mais quentes, geralmente tornam os ambientes mais aconchegantes e confortáveis estimulando a pessoa a relaxar. Normalmente a temperatura de suas cores está entre 2.700K e 3.100K e são indicadas para quartos, salas e áreas de estar em geral. Já as lâmpadas que emitem luz branca ou branca-azulada, habitualmente chamadas de frias, causam exatamente o efeito oposto. Podendo superar os 6.000K, essas lâmpadas são mais estimulantes, portanto, mais indicadas para ambientes de trabalho como escritórios e indústrias e ambientes residenciais como cozinhas, banheiros e áreas de serviço.

Figura 4 - Escolha das cores para certos ambientes



2.1.4 Intensidade Luminosa

É a concentração de luz numa dada direção específica, irradiada por segundo. É designado pelo símbolo I . A unidade é a candela (cd).

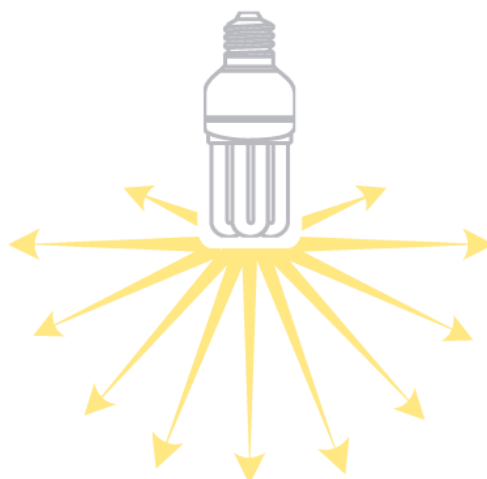
Figura 5 - Intensidade Luminosa



2.1.5 Fluxo Luminoso

Descreve a quantidade de luz gerada por uma fonte de luz. Para candeeiros que emitem luz em todas as direções. A quantidade de luz gerada é citada em lumens (lm).

Figura 6 - Fluxo Luminoso



2.1.6 Iluminância

Relata a medição da quantidade de luz que é irradiada (iluminando e espalhando) sobre uma determinada área de superfície. A iluminância também se correlaciona com a forma como os seres humanos percebem o brilho de uma área iluminada. Sua medição é dada pelo luxímetro com o símbolo de iluminância sendo 'E' e unidade de medida o 'lux' (lx). A Tabela 2 mostra diversos níveis de iluminância para cada ambiente.

Tabela 2 - Iluminância adequada para o ambiente

Iluminância em lux por atividade	
Atividade	Iluminância
Atendimento ao público em bancos.	300-500-750
Salas de leitura em bibliotecas.	300-500-750
Salas de aulas em escolas.	200-300-500
Quadros negros em sala de aula.	300-500-750
Escritórios de desenhos, engenharia e arquitetura.	750-1000-1500
Sala de estar em residências.	100-150-200
Cozinhas em residências.	100-150-200
Fogão, pia e mesa em cozinhas residenciais.	200-300-500
Dormitórios residenciais.	100-150-200
Espelhos, penteadeiras e camas em dormitórios residenciais.	200-300-500
Garagens, despensas, escadas residenciais.	75-100-150
Banheiros residenciais.	100-150-200
Espelhos em banheiros residenciais.	200-300-500

2.1.7 Ofuscamento

O ofuscamento está relacionado a intensidade de luz, brilho ou contrastes excessivos incidida nos olhos causando desconforto e reduzindo a capacidade de distinguir os objetos. Pode ser um ofuscamento direto causado por uma luz direcionada no campo visual ou reflexivo quando a luz é refletida por uma superfície para o campo visual.

Figura 7 - Ofuscamento



2.2 Princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes

Dentro do envoltório de vidro de uma lâmpada fluorescente há argônio e vapor de mercúrio, rarefeitos. Em cada extremidade do tubo há um eletrodo sob a forma de um filamento, revestido com um óxido. Quando se liga a lâmpada, os filamentos se aquecem e emitem elétrons; isso inicia a ionização do gás. Um starter (disparador) interrompe então o circuito, automaticamente, e desliga o aquecimento dos filamentos. O reator, ligado à lâmpada, produz imediatamente um impulso de alta voltagem, que inicia a descarga no argônio. Essa descarga aquece e vaporiza o mercúrio, cuja maior quantidade está inicialmente sob estado líquido. Os elétrons provenientes do filamento chocam-se com as moléculas de gás mercúrio contidas no tubo, o que produz não só a

excitação como também a ionização dos átomos. Ionizados, os átomos do gás são acelerados pela diferença de voltagem entre os terminais do tubo, e ao se chocarem com outros átomos provocam outras excitações. O retorno desses átomos ao estado fundamental ocorre com a emissão de fótons de energia correspondente a radiações visíveis e ultravioleta (invisíveis). A radiação ultravioleta, ao se chocar com o revestimento fluorescente do tubo (fósforo), produz luz visível. Como nas lâmpadas fluorescentes, a maior parte da energia fornecida é transformada em luz, seu rendimento pode ser até cinco vezes maior do que o das lâmpadas incandescentes, que produzem muito mais calor (MUNDO FÍSICO, 2017).

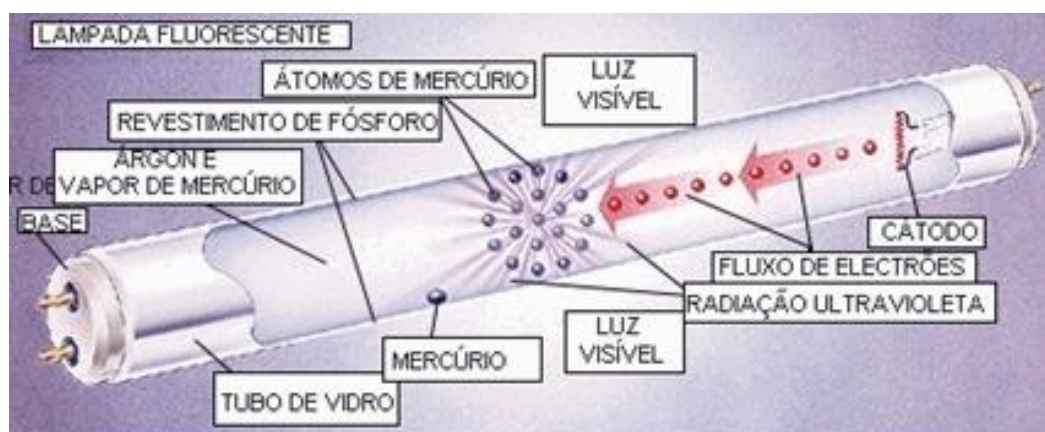
Vantagens das lâmpadas fluorescentes tubulares:

- São até 66 % mais baratas que a iluminação incandescente;
- Tempo de vida útil até seis vezes maior que as lâmpadas incandescentes;
- Não emitem calor.

Desvantagem das lâmpadas fluorescentes tubulares:

- Utilização de reatores eletromagnéticos ou eletrônicos para o funcionamento;
- Custo inicial elevado comparado com as lâmpadas incandescentes;
- Desconforto visual com a luz que chega a tremer, em alguns momentos, causando incomodo.

Figura 8 - Funcionamento Lâmpada Fluorescente



2.3 Princípio de funcionamento das lâmpadas LED

O LED é um componente eletrônico semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz, mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nas lâmpadas LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State). O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anodo e outro, chamado catodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz (UNICAMP, 2017).

Um LED deve ser ligado juntamente com uma resistência em série para que a corrente não exceda o máximo permitido.

Vantagens das lâmpadas LED tubulares:

- São eficientes emitindo mais luz com menos consumo de energia;
- Vida útil podendo alcançar 50.000 h sofrendo pouca alteração de brilho ao longo do uso;
- Mais resistentes a impactos, vibrações e variações de temperatura;
- Não emitem raios ultravioletas e infravermelhos;
- Não precisam de reatores eletromagnético ou eletrônicos para serem ligadas.

Desvantagens das lâmpadas LED tubulares:

- Custo elevado na compra de uma lâmpada LED tubular em comparação a fluorescente tubular;
- Baixo índice de reprodução de cor;
- Componentes importados.

2.4 Harmônicos

Segundo ANEEL (2015) “o harmônico é um componente de uma onda periódica onde sua frequência é múltiplo inteira da frequência fundamental. A distorção na harmônica, são fenômenos associados com a deformação da forma de onda de tensão e corrente, comparativamente a um sinal puramente senoidal de frequência fundamental”.

Associado as harmônicas, temos: cargas lineares, cargas não lineares, inter-harmônicas e sub-harmônicas. Quando a corrente circula em uma carga e ela for diretamente proporcional a tensão, essa carga é linear. Quando a corrente percorrer uma carga e ela não for diretamente proporcional a tensão, essa carga é não linear. As sub-harmônicas são sinais com frequência abaixo da fundamental e as inter-harmônicas são sinais com frequências situadas entre as múltiplas inteiras da frequência fundamental.

No Quadro 1, apresenta-se as grandezas associadas às distorções harmônicas de tensão.

Quadro 1 - Terminologia das grandezas associadas às distorções de tensão

Identificação da grandeza	Símbolo
Distorção harmônica individual de tensão de ordem h	DIT h %
Distorção harmônica total de tensão	DTT%
Tensão harmônica de ordem h	V_h
Ordem harmônica	h
Ordem harmônica máxima	$H_{máx}$
Ordem harmônica mínima	$H_{mín}$
Tensão fundamental medida	V_f

Fonte: ANEEL, 2015.

As componentes harmônicas são classificadas em: sequência positiva, sequência negativa e homopolares ou de sequência zero.

As distorções harmônicas de tensão, individual e total DIT h % e DTT%, podem ser calculadas utilizando as equações (1) e (2), respectivamente. Muito embora esta norma aborde tão somente as distorções da forma de onda de tensão, análise semelhante pode ser realizada para a corrente. Neste caso,

tratando-se da Distorção Individual de Corrente (%) – DII% e Distorção Total de Corrente – DTI h % mostradas nas equações 3 e 4 (MONTEIRO, 2015).

$$DIT_h \% = \frac{V_h}{V_1} * 100 \quad (1)$$

$$DTT\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{hm\acute{a}x} V_h^2}}{V_1} * 100 \quad (2)$$

$$DII_h \% = \frac{I_h}{I_1} * 100 \quad (3)$$

$$DTI\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{hm\acute{a}x} I_h^2}}{I_1} * 100 \quad (4)$$

O Fator de potência é definido como a relação entre a potência ativa e a potência aparente consumidas por um dispositivo ou equipamento independentes das formas que as ondas de tensão e corrente apresentem. Os sinais variantes no tempo devem ser periódicos e de mesma freqüência. Quando sinal é senoidal, com cargas lineares, o Fator de Potência Fundamental é o cosseno do ângulo de defasagem entre as componentes fundamentais de tensão e corrente expressada na equação 5. Para o sinal não senoidal, o Fator de Potência Total é expresso na equação 6.

$$FP_1 = \cos\theta_1 = \frac{P_1}{S_1} \quad (5)$$

$$FP = \frac{P_1 + P_H}{\sqrt{S_1^2 + S_n^2}} = \frac{FP_1 * \left[1 + \frac{P_H}{P_1} \right]}{\sqrt{1 + DHT_I^2 + DHT_V^2 + (DHT_I + DHT_V)^2}} \quad (6)$$

2.4.1 Efeitos das Harmônicas

Alguns efeitos das harmônicas são:

- Aparecimento de vibrações e ruídos;
- Sobreaquecimento de núcleos ferromagnéticos;
- Sobreaquecimento de capacitores;
- Excitação de correntes ou tensões ressonantes entre indutâncias e capacitâncias;
- Baixo fator de potência;
- Erro de atuação nos dispositivos de proteção.

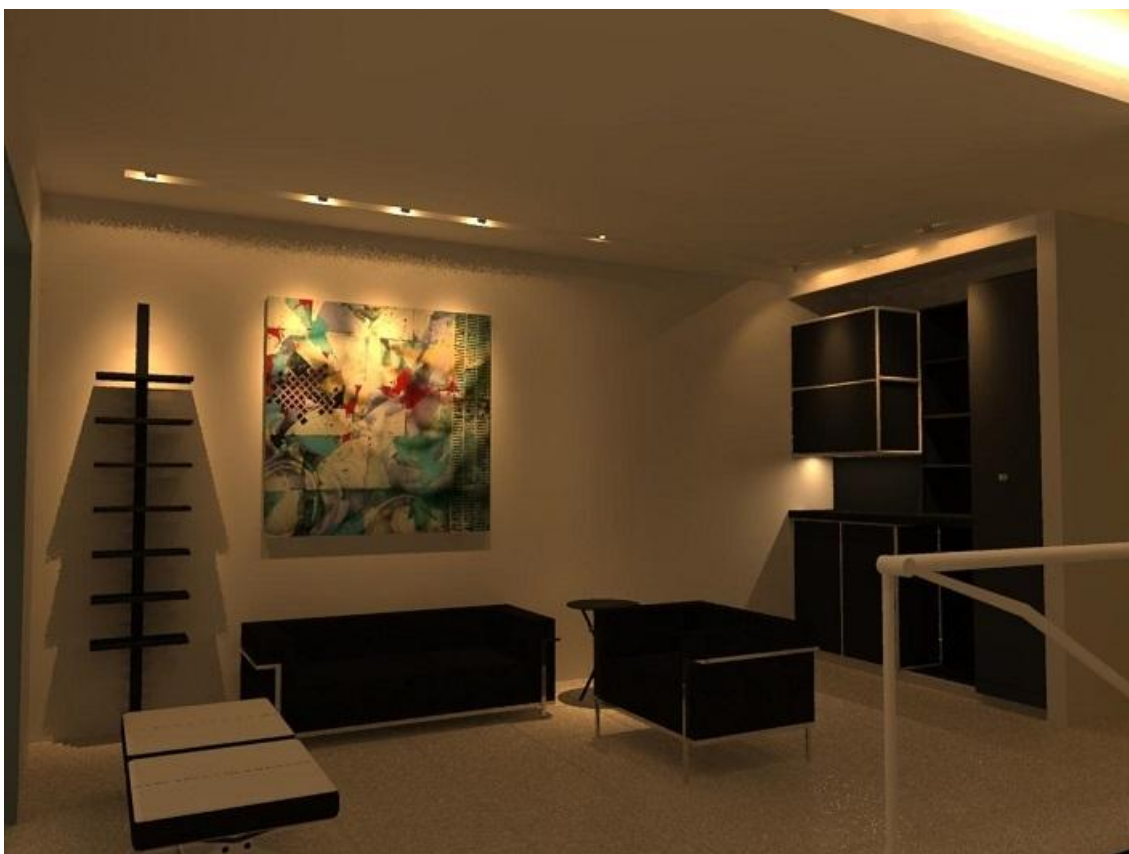
2.5 Software *Relux*

O *Relux* é um aplicativo para o estudo de iluminação natural e artificial, que simula as propriedades das fontes luminosas e dos materiais desenvolvido pela Informatik AG.

Possui uma interface de rápido aprendizado, em português (de Portugal), com comandos de fácil assimilação e recursos para a modelagem tridimensional de ambientes ortogonais ou semicirculares, possibilitando ainda o uso de coberturas de duas águas para estudos de iluminação zenital, que podem ser visualizados na tela em várias vistas simultâneas.

O programa possui uma extensa biblioteca de materiais, objetos de mobiliário, vegetação e luminárias. As luminárias podem ser inseridas a partir do banco de dados existente no programa ou por seleção on-line através de uma caixa de diálogo na qual são fornecidas as informações do fabricante, o modelo da luminária com foto e as propriedades fotométricas das lâmpadas. Para a configuração da luz natural é preciso definir a orientação do ambiente, a latitude e longitude do lugar, o dia e hora da simulação e tipo de céu, definido segundo o CIE - Commission Internationale D'Eclairage , como céu encoberto ou céu claro (LUMEARQUITETURA, 2017).

Figura 9 - Imagem ilustrativa de um dos cenários do software RELUX



3 METODOLOGIA

Dados técnicos dos fabricantes da lâmpada LED cristal tubular T8 e da lâmpada fluorescente tubular T8.

Medição da iluminância em uma sala de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Campus de Cornélio Procópio, utilizando o luxímetro LD-200 da INSTRUTHERM, em hora e hora para dois períodos distintos: dia e noite. As medições serão tomadas por três pontos diferentes de altura e dois pontos diferentes de distância. Para uma distância zero, embaixo da luminária, o luxímetro estará há uma altura aproximada de: dois metros do solo, setenta e sete centímetros do solo e no nível do solo. Depois, a uma distância de um metro longitudinal da luminária, serão repetidas as medições nas mesmas condições de altura para um tipo de lâmpada e depois para o outro tipo para serem comparadas quanto a iluminância.

Simulação no software *RELUX*, nas condições próximas do real, de uma sala de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Campus de

Cornélio Procópio. Apresentação da ficha técnica da lâmpada LED tubular T8 e da lâmpada fluorescente tubular T8 utilizadas nas simulações e as medições das iluminâncias de cada uma das respectivas lâmpadas. Juntamente com a iluminância simulada, será simulado o gasto financeiro das compras e trocas das lâmpadas e o gasto de energia em manter as lâmpadas ligadas 24 horas no período de um mês e um ano.

Utilizando um osciloscópio, será aferido os dados de cada forma de onda para gerar os harmônicos de tensão e corrente de cada uma das lâmpadas utilizando o software *MATLAB*. Serão comparados esses dados para determinar qual lâmpada causa mais harmônicos na rede elétrica. E com os dados dos harmônicos será feito o cálculo das distorções harmônicas de tensão e de corrente para as respectivas lâmpadas.

Análise dos dados e dos cálculos das lâmpadas para determinar qual lâmpada será mais viável a ser utilizada quanto a: iluminância, qualidade de energia e financeira.

4 MEDIÇÕES, SIMULAÇÕES E RESULTADOS

4.1 Dados técnicos reais

A Tabela 3 mostra os dados técnicos cedido pelos fabricantes da lâmpada LED cristal tubular T8 e da lâmpada fluorescente tubular T8.

Tabela 3 - Ficha técnica dos fabricantes

Ficha técnica	Lâmpada LED Cristal tubular - T8	Lâmpada Fluorescente tubular - T8
Fabricante	CTB	FOXLUX
Origem	SÃO PAULO - SP - BRASIL	PINHAIS - PR - BRASIL
Soquete	G13	G13
Modelo	NWBQQQLMF	NCM 85393100
Tamanho (mm)	1200x28	650X26
Potência (W)	18	20
Tensão (V)	110-220	127
Temperatura da Cor (K)	6500	6500
Fluxo Luminoso (Lm)	1500	1150
IRC %	70	70
Vida útil (horas)	50000	8000
Preço Unitário (R\$)	19,90	8,50

Fonte: Autor.

4.2 Iluminância real

As medições das iluminâncias das lâmpadas LED cristal tubulares T8 e das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 foram aferidas nas salas de aula A142 e I104 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Campus de Cornélio Procópio, ambos as luminárias com o pé direto a uma altura de 2,5 metros.

O período de medição foi das 8:00 horas da manhã até às 20:00 horas da noite do mesmo dia. O dia estava claro e com boa iluminação solar causando variações na medida da iluminância, pelo luxímetro, para cada lâmpada devido ao posicionamento de cada sala para a incidência dos raios solares juntamente com o posicionamento de cada luminária para esses raios.

Os valores de iluminância foram coletados conforme descrito na metodologia e apresentados na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 4 - Iluminância das Lâmpadas LED Cristal Tubulares T8

Lâmpadas LED Cristal Tubulares T8				
Período	(horas)	Em baixo da luminária		
		Iluminância (Lux) 2 metros do solo	Iluminância (Lux) 77 centímetros do solo	Iluminância (Lux) nível do solo
Manha	08:00	1278	398	345
	09:00	1285	400	352
	10:00	1287	406	361
	11:00	1305	410	378
	12:00	1303	426	377
Tarde	13:00	1356	442	376
	14:00	1344	472	404
	15:00	1366	484	432
	16:00	1382	483	427
	17:00	1379	514	466
	18:00	1400	471	422
Noite	19:00	1394	481	440
	20:00	1317	421	312
Período	(horas)	Um metro de distância da luminária		
		Iluminância (Lux) 2 metros do solo	Iluminância (Lux) 77 centímetros do solo	Iluminância (Lux) nível do solo
Manha	08:00	248	332	315
	09:00	257	345	328
	10:00	268	361	336
	11:00	280	384	345
	12:00	344	377	349
Tarde	13:00	328	388	345
	14:00	303	394	380
	15:00	271	396	379
	16:00	272	420	409
	17:00	300	433	412
	18:00	305	422	405
Noite	19:00	275	419	384
	20:00	232	360	322

Fonte: Autor.

Tabela 5 - Iluminância das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8

Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8				
Período	(horas)	Em baixo da luminária		
		Iluminância (Lux) 2 metros do solo	Iluminância (Lux) 77 centímetros do solo	Iluminância (Lux) nível do solo
Manha	08:00	1368	181,2	113,4
	09:00	1252	158	109
	10:00	1197	183	174
	11:00	1296	192	204
	12:00	1278	180	207
Tarde	13:00	1227	178	203
	14:00	1280	178	168
	15:00	1269	181	212
	16:00	1256	173	168
	17:00	1288	168	173
	18:00	1282	144	96
Noite	19:00	1275	136	83
	20:00	1256	130	66
Período	(horas)	Um metro de distância da luminária		
		Iluminância (Lux) 2 metros do solo	Iluminância (Lux) 77 centímetros do solo	Iluminância (Lux) nível do solo
Manha	08:00	43,9	91,5	71,1
	09:00	63,4	93,7	74,5
	10:00	47	95	88
	11:00	58	100	96
	12:00	78	112	98
Tarde	13:00	68	88	86
	14:00	67	105	95
	15:00	46	105	93
	16:00	65	91	83
	17:00	54	99	87
	18:00	52	86	50
Noite	19:00	52	82	53
	20:00	35	72	44

Fonte: Autor.

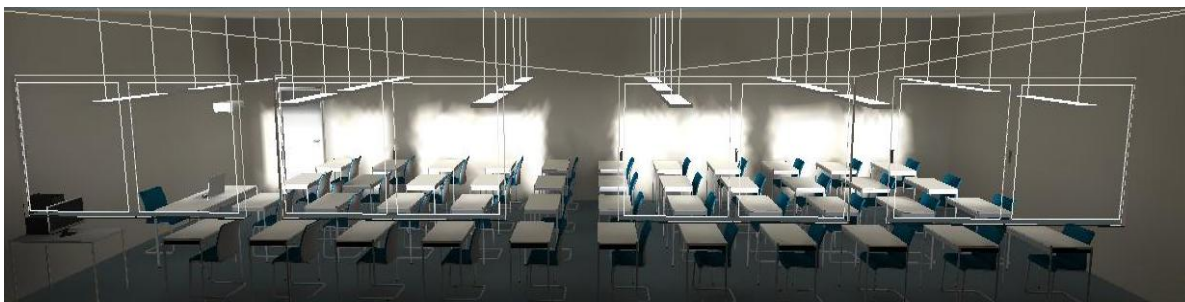
Estando nas mesmas condições ambientes, cada lâmpada apresentou variações diferentes de iluminância ao longo do dia conforme apresentado nas Tabelas 4 e 5. A lâmpada com maiores valores de iluminância, na comparação, foi a lâmpada LED cristal tubular T8 mostrada na Tabela 4.

4.3 Simulação

O ambiente simulado no software *RELUX* é uma sala de aula situada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Campus de Cornélio Procópio representado nas Figuras 10 e 11 com dimensões de: 5 metros de comprimento, 16 metros de largura e 3,20 metros de altura. Na sala, encontra-se um total de: 45 cadeiras, 46 mesas e 18 luminárias estando a uma altura de 2,20 metros.

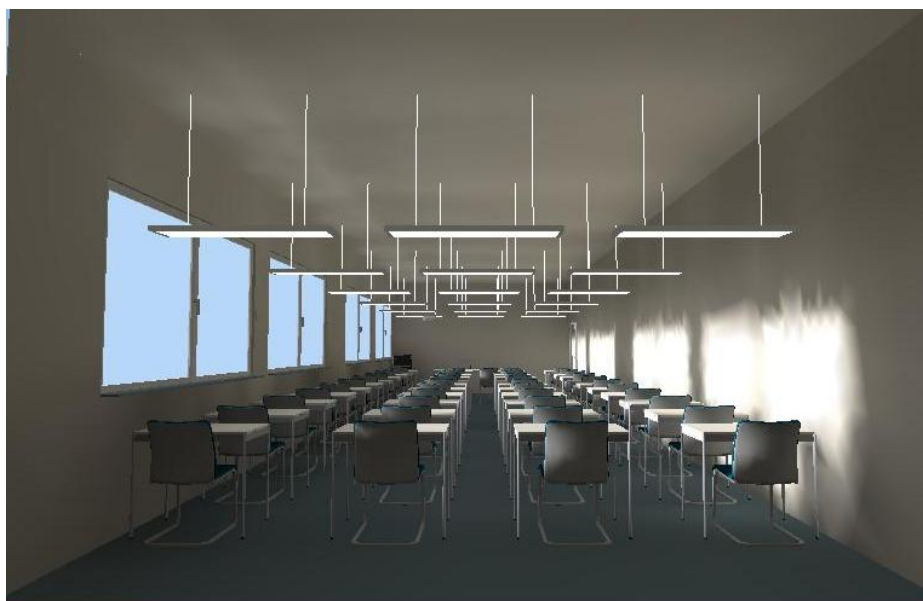
As iluminações utilizadas serão de lâmpadas LED tubulares T8 ou lâmpadas fluorescentes tubulares T8. Os dados a serem analisados e comparados serão de iluminância das duas lâmpadas ligadas das 8:00 horas da manhã até às 20:00 horas da noite e os gastos financeiros por manter as lâmpadas ligadas 24 horas durante um mês e um ano.

Figura 10 - Vista lateral da sala de aula em 3D



Fonte: Autor.

Figura 11 - Vista atrás da sala de aula em 3D



. Fonte. Autor.

4.3.1 Dados técnicos simulado

A ficha técnica dos dois tipos de lâmpadas utilizadas na simulação, é apresentado na Tabela 6 e 7.

Tabela 6 - Ficha técnica das lâmpadas LED tubulares T8

Modelo: Relux	
Luminária Suspensa de Interior	
Lâmpada LED Tubular T8	
Tensão (V)	220-240
Frequência (Hz)	60
Dimensionamento	Comprimento: 1280 mm; Largura: 300 mm; Altura: 40 mm
Tipo de lâmpada	T8
Quantidade	2
Potência da Lâmpada (W)	18
Potência total do sistema (W)	36
Rendimento	> 80%
Luminescência (cd/m ²)	< 3000
Temperatura da Cor (K)	6500
Eficiência da Luminária	83,33 lm/W (D53, ↓ 40,0% ↑ 60,0%)
CIE Flux Codes	67 91 98 40 100
Fluxo luminoso total	3000 lm
Vida útil (h)	50000

Fonte: Autor.

Tabela 7 - Ficha técnica das lâmpadas fluorescentes tubulares T8

Modelo: Relux	
Luminária Suspensa de Interior	
Lâmpada Fluorescente Tubular T8	
Tensão (V)	220-240
Frequência (Hz)	60
Dimensionamento	Comprimento: 650 mm; Largura: 300 mm; Altura: 40 mm
Tipo de lâmpada	T8
Quantidade	2
Potência da Lâmpada (W)	20
Potência total do sistema (W)	40
Rendimento	> 80%
Luminescência (cd/m ²)	< 3000
Temperatura da Cor (K)	6500
Eficiência da Luminária	57,5 lm/W (D43, ↓ 33,6% ↑ 66,4%)
CIE Flux Codes	54 84 96 34 100
Fluxo luminoso total	2300 lm
Vida útil (h)	8000

Fonte: Autor.

4.3.2 Iluminância simulada

O software *RELUX*, disponibiliza no seu formato padrão 28 pontos de iluminância na largura por 8 pontos de iluminância no comprimento. Os pontos de iluminância estão separados a cada meio metro de distância na sala de aula e são mensurados a uma altura de 75 centímetros do chão. A simulação também apresenta os valores de mínimo, máximo e uma respectiva média dos pontos de iluminância.

Os dados utilizados de iluminância para comparação das duas lâmpadas serão: ponto escolhido de maneira igual para os dois tipos de lâmpadas no ambiente simulado e os valores de mínimo, máximo e suas respectivas médias em hora e hora das 8:00 horas da manhã até às 20:00 horas da noite.

O ponto escolhido para aferir os dados de iluminância foi: abaixo da segunda luminária da esquerda para a direita estando a 4 metros de largura e 3,75 metros de comprimento e, o outro ponto, um metro a frente da segunda luminária estando a 3 metros de largura e 3,75 metros de comprimento mostrado no "ANEXO A". A Tabela 8 e 9 mostram os valores aferidos.

Tabela 8 - Iluminância das Lâmpadas LED Tubulares T8

Simulação das Lâmpadas LED Tubulares T8			
Período	(horas)	Em baixo da luminária	Um metro de distância da luminária
		Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)
Manha	8h	2270	2010
	9h	16800	16500
	10h	26700	26700
	11h	4320	34400
Tarde	12h	39000	39300
	13h	3010	3090
	14h	2280	2310
	15h	1820	1790
	16h	1540	1480
	17h	1350	1260
Noite	18h	1170	1080
	19h	978	907
	20h	733	667

Fonte: Autor.

Tabela 9 - Iluminância das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8

Simulação das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8			
Período	(horas)	Em baixo da luminária	Um metro de distância da luminária
		Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)
Manha	8h	2160	1900
	9h	16600	16400
	10h	26600	26600
	11h	4200	34300
Tarde	12h	38900	39200
	13h	2890	2960
	14h	2160	2160
	15h	1690	1660
	16h	1410	1350
	17h	1220	1140
	18h	1040	965
Noite	19h	860	796
	20h	617	577

Fonte: Autor.

A Tabela 10 e 11, mostram os valores de iluminância mínimo, médio e máximo na sala de aula simulada no período das 8:00 horas da manhã até às 20:00 horas da noite das respectivas lâmpadas.

Tabela 10 - Iluminância mínima, média e máxima das lâmpadas LED tubulares T8

Lâmpadas LED Tubulares T8				
Período	(horas)	Mínimo	Médio	Máximo
		Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)
Manha	8h	218	3630	5590
	9h	254	12900	17000
	10h	238	11300	27200
	11h	211	8230	34800
Tarde	12h	189	5760	39600
	13h	176	1880	3300
	14h	156	1520	2390
	15h	129	1270	1860
	16h	116	1080	1560
	17h	108	937	1370
	18h	99	820	1220
Noite	19h	80	717	1040
	20h	49	581	802

Fonte: Autor.

Tabela 11 - Iluminância mínima, média e máxima das lâmpadas fluorescentes tubulares T8

Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8				
Período	(horas)	Mínimo	Médio	Máximo
		Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)	Iluminância (Lux)
Manha	8h	218	3520	5460
	9h	254	12700	16900
	10h	238	11200	27100
	11h	211	8140	34800
Tarde	12h	189	5670	39600
	13h	176	1790	3240
	14h	156	1420	2300
	15h	129	1160	1760
	16h	116	962	1430
	17h	108	820	1230
	18h	99	705	1070
Noite	19h	80	605	890
	20h	49	468	645

Fonte: Autor.

O período das nove horas da manhã até às doze horas da tarde é de intensa incidência de raios solares dentro da sala de aula simulada, o que altera os valores de iluminância obtendo valores altíssimos.

Analisando as Tabelas 8 e 9, a lâmpada que mais se destacou em sua iluminância, com maiores valores, foi a lâmpada LED tubular T8 mostrada na Tabela 8; o mesmo foi constatado nas Tabelas 10 e 11 tendo os maiores valores de iluminância da lâmpada LED tubular T8 na Tabela 10.

4.3.3 Financeira

O software *RELUX* disponibiliza três possibilidades de comparação da rentabilidade das luminárias. A edição é classificada em quatro títulos: sistema de luminária, valores de base, custos do sistema e custos operacionais.

Em cada título, existe subtítulos para serem preenchidos para o cálculo de rentabilidade das luminárias. Os subtítulos são:

Sistema de Luminária

- Nome/designação;
- Número de artigo;
- Equipado com;
- Quantidade de lâmpadas por luminárias.

Valores de Base

- Fluxo luminoso nominal da lâmpada;
- Vida útil média da lâmpada;
- Watt por lâmpada;
- Factor de sujidade;
- Quantidade de luminárias;
- Custo de eletricidade (R\$/kWh);
- Tempo de operação anual.

Custos do Sistema

- Custos de uma luminária;
- Custos dos acessórios;
- Custos de montagem;
- Preço por lâmpada.

Custos Operacionais

- Custos para peças sobresselentes;
- Custos de mão-de-obra por mudança de lâmpada;
- Custos de limpeza por lâmpada;
- Número de limpezas anuais.

Foram preenchidos cada espaço com os dados de cada uma das lâmpadas utilizadas na sala de aula simulada. As Tabelas 12 e 13 mostram os resultados dos cálculos simulados para um mês e um ano realizado pelo software *RELUX*, os dados de depreciação não foram considerados assim como os dados de custos de manutenção e a taxa de amortização.

Tabela 12 - Cálculo da rentabilidade econômica em um mês

Rentabilidade das luminárias			
Cálculo da rentabilidade econômica em um mês			
Descrição do sistema de iluminação			
1	Número do artigo	1	2
2	Nome/designação	Interior Suspended Luminaire	Interior Suspended Luminaire
3	Equipado com	LED	Fluorescente
4	Quantidades lâmpadas por luminária	2	2
Valores base			
5	Fluxo luminoso nominal da lâmpada (lm)	3000	2300
6	Tempo médio de vida útil da lâmpada (h)	50000	8000
7	Watt por lâmpada (W)	36	40
8	Fator de envelhecimento (0.8)	0,8	0,8
9	Número de luminárias (unidade)	18	18
10	Preço de eletricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
11	Período anual estimado de funcionamento (h)	720	720

Custos da instalação			
12	Custos de uma luminária (R\$)	100,00	25,00
13	Custos dos acessórios por luminária (R\$)	0,00	24,00
14	Custo de instalação por luminária (R\$)	0,00	0,00
15	Preço por lâmpada (R\$)	19,90	8,50
16	Preço de lâmpadas por luminária (R\$)	39,80	17,00
17	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	139,80	66,00
18	Custos totais da instalação (R\$)	2516,40	1188,00
Custos fixos anuais			
19	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	100,00	49,00
20	Custo total da instalação sem lâmpadas (R\$)	1800,00	882,00
21	Custos fixos anuais (R\$)	270,00	132,30
Custos operacionais anuais			
22	Número de lâmpadas a trocar por ano	1	3
23	Custo anual de substituição das lâmpadas (R\$)	19,90	25,50
24	Custo anual para peças sobresselentes (R\$)	0	0
25	Custo anual total do material selecionado (R\$)	19,90	25,50
26	Custo:mão-de-obra p/trocar uma lâmpada (R\$)	0	0
27	Custo:mão-de-obra p/troca de lâmpadas (R\$)	0	0
28	Custos de limpeza por lâmpadas (R\$)	0	0
29	Número de limpezas por ano	0	0
30	Custo das limpezas anuais (R\$)	0	0
31	Custo total anual de mão-de-obra para manutenção (R\$)	0	0
32	Custo total de manutenção anual (R\$)	19,90	25,50
33	Custos anuais da eletricidade (R\$)	309,26	343,63
34	Custos operacionais totais por ano (R\$)	329,16	369,13
Custos totais e relativos			
35	Custos totais anuais (R\$)	599,16	501,43

Fonte: Autor.

Tabela 13 - Cálculo da rentabilidade econômica em um ano

Rentabilidade das luminárias			
Cálculo da rentabilidade econômica em um ano			
Descrição do sistema de iluminação			
1	Número do artigo	1	2
2	Nome/designação	Interior Suspended Luminaire	Interior Suspended Luminaire
3	Equipado com	LED	Fluorescente
4	Quantidade lâmpadas por luminária	2	2
Valores base			
5	Fluxo luminoso nominal da lâmpada (lm)	3000	2300
6	Tempo médio de vida útil da lâmpada (h)	50000	8000
7	Watt por lâmpada (W)	36	40
8	Fator de envelhecimento (0.8)	0,8	0,8
9	Número de luminárias (unidade)	18	18
10	Preço de eletricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
11	Período anual estimado de funcionamento (h)	8760	8760
Custos da instalação			
12	Custos de uma luminária (R\$)	100,00	25,00
13	Custos dos acessórios por luminária (R\$)	0,00	24,00
14	Custo de instalação por luminária (R\$)	0,00	0,00
15	Preço por lâmpada (R\$)	19,90	8,50
16	Preço de lâmpadas por luminária (R\$)	39,80	17,00
17	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	139,80	66,00
18	Custos totais da instalação (R\$)	2516,40	1188,00
Custos fixos anuais			
19	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	100,00	49,00
20	Custo total da instalação sem lâmpadas (R\$)	1800,00	882,00
21	Custos fixos anuais (R\$)	270,00	132,30

Custos operacionais anuais			
22	Número de lâmpadas a trocar por ano	6	39
23	Custo anual de substituição das lâmpadas (R\$)	119,40	331,50
24	Custo anual para peças sobresselentes (R\$)	0	0
25	Custo anual total do material selecionado (R\$)	119,40	331,50
26	Custo:mão-de-obra p/trocar uma lâmpada (R\$)	0	0
27	Custo:mão-de-obra p/troca de lâmpadas (R\$)	0	0
28	Custos de limpeza por lâmpadas (R\$)	0	0
29	Número de limpezas por ano	0	0
30	Custo das limpezas anuais (R\$)	0	0
31	Custo total anual de mão-de-obra para manutenção (R\$)	0	0
32	Custo total de manutenção anual (R\$)	119,40	331,50
33	Custos anuais da eletricidade (R\$)	3762,71	4180,79
34	Custos operacionais totais por ano (R\$)	3882,11	4512,29
Custos totais e relativos			
35	Custos totais anuais (R\$)	4152,11	4644,59

Fonte: Autor.

Na linha 10, o preço da eletricidade (R\$/kWh) de 0,66286 reais é o preço vigente da tarifa de energia horossazonal azul subgrupo AS com imposto fornecido pela concessionária distribuidora de energia COPEL (COPEL, 2017).

Na linha 11 da Tabela 12, o tempo de 720 horas é o tempo de 24 horas das lâmpadas ligadas no período de 30 dias. Já, na linha 11 da Tabela 13, o tempo de 8760 horas é o tempo de 24 horas das lâmpadas ligadas no período de 365 dias.

O valor de R\$ 24,00 na linha 13 da coluna do artigo 2 são valores dos reatores eletrônicos nas luminárias para o funcionamento das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 nas Tabelas 12 e 13.

Analisando a Tabela 12 e 13, a linha 18 cita os valores de custo para instalação das trinta e seis lâmpadas, dezoito luminárias e quaisquer outros acessórios. No artigo 1, o custo de instalação das lâmpadas LED tubulares T8 e luminárias são mais caras que o custo de instalação das lâmpadas

fluorescentes tubulares T8, luminárias e reatores eletrônicos mostradas no artigo 2.

A linha 21 das Tabelas 12 e 13, são valores de custo referente a 15% do valor de aquisição total por luminária, cujo o valor está escrito na linha 19 de ambas as Tabelas vezes o numero total de luminárias.

A linha 33 calcula o gasto de energia elétrica consumida pelas trinta e seis lâmpadas em kW vezes o período que se deseja no ano, com seu valor na linha 11, vezes o valor do preço da eletricidade na linha 10.

A linha 34 soma os valores apresentados na linha 33 com os valores da linha 32. A linha 35 soma os valores da linha 34 com os valores da linha 21.

No período de um mês mostrado na Tabela 12, a lâmpada fluorescente tubular T8 torna-se mais viável financeiramente, vide linha 18, e menos viável economicamente, vide linha 34, a ser utilizada que a lâmpada LED tubular T8 apresentando as mesmas conclusões no período de um ano mostrado na Tabela 13. Ou seja, embora o custo de instalação as lâmpadas LED tubulares T8 seja elevado em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares T8, ainda se torna economicamente viável a instalação das lâmpadas LED tubulares T8 por apresentar menos trocas de lâmpadas, uma melhor economia de energia e menos gastos nesse período de um mês e um ano em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares T8.

Com a economia das trocas de lâmpadas e da energia pelas lâmpadas LED tubulares T8 em comparação com as fluorescentes tubulares T8, utilizando somente as lâmpadas LED para iluminação, é possível pagar o investimento feito na compra das lâmpadas ao longo de um período de um ano e dois meses como mostrado na Tabela 14 abaixo.

Tabela 14 - Retorno financeiro da Lâmpada LED Tubular T8 de uma sala

Retorno Financeiro			
1	Lâmpada	LED	Fluorescente
2	Total lâmpadas por sala	36	36
3	Total de sala	1	
4	Custo da Lâmpada (R\$)	19,90	8,50
5	Período de funcionamento (dias)	425	425
6	Período de funcionamento (h)	10200	10200
7	Lâmpadas trocadas no período	7	46
8	Custo de substituição das Lâmpadas (R\$)	139,3	391,0
9	Preço de electricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
10	Potência das lâmpadas (kW)	0,648	0,720
11	Custo de electricidade no período (R\$)	4381,24	4868,04
12	Custo totais (R\$)	4520,54	5259,04
13	Diferença dos custos totais (R\$)	738,50	
14	Custo total das Lâmpadas LED (R\$)	716,40	

Fonte: Autor.

A linha 6 da Tabela 14, mostra o valor em horas no período de um ano e dois meses. Na linha 7 da Tabela 14, mostra uma estimativa das lâmpadas trocadas no período de um ano e dois meses considerando os valores passados da simulação de um ano na linha 22 da Tabela 13.

A linha 10 da Tabela 14, apresenta a quantidade total de lâmpadas na sala de aula, que no caso são 36 lâmpadas, vezes o valor de potência de cada uma das respectivas lâmpadas. A linha 11 da Tabela 14, expõe os valores do preço da electricidade (linha 9) vezes o valor de potência das lâmpadas (linha 10) e o período de funcionamento (linha 6).

A linha 13 da Tabela 14, aponta a diferença dos custos de cada uma das lâmpadas da linha 12. Essa diferença revela o quanto a lâmpada LED tubular T8 economizou em relação a outra lâmpada e pode pagar, como vista na linha 11, o seu valor em investimento.

Estimando um total de 68 salas de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio. Os cálculos simulados no software *RELUX* dos gastos com energia, troca de lâmpadas e investimento na compra de luminárias, lâmpadas, etc para essas salas é mostrado nas Tabelas 15 e 16. Os dados de depreciação, custos de manutenção e taxa de amortização não foram considerados nos cálculos da simulação.

Tabela 15: Rentabilidade econômica em um mês das 68 salas

Rentabilidade das luminárias			
Cálculo da rentabilidade econômica em um mês			
Descrição do sistema de iluminação			
1	Número do artigo	1	2
2	Nome/designação	Interior Suspended Luminaire	Interior Suspended Luminaire
3	Equipado com	LED	Fluorescente
4	Quantidades lâmpadas por luminária	2	2
Valores base			
5	Fluxo luminoso nominal da lâmpada (lm)	3000	2300
6	Tempo médio de vida útil da lâmpada (h)	50000	8000
7	Watt por lâmpada (W)	36	40
8	Fator de sujidade (0.8)	0	0
9	Número de luminárias (unidade)	1224	1224
10	Preço de eletricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
11	Período anual estimado de funcionamento (h)	720	720

Custos da instalação			
12	Custos de uma luminária (R\$)	100	25
13	Custos dos acessórios por luminária (R\$)	0	24
14	Custo de instalação por luminária (R\$)	0	0
15	Preço por lâmpada (R\$)	19,9	8,5
16	Preço de lâmpadas por luminária (R\$)	39,8	17
17	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	139,8	59976,00
18	Custos totais da instalação (R\$)	171115,20	80784,00
Custos fixos anuais			
19	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	100	49
20	Custo total da instalação sem lâmpadas (R\$)	122400,00	59976,00
21	Custos fixos anuais (R\$)	18360,00	8996,40
Custos operacionais anuais			
22	Número de lâmpadas a trocar por ano	35	220
23	Custo anual de substituição das lâmpadas (R\$)	696,50	1870,00
24	Custo anual para peças sobresselentes (R\$)	0	0
25	Custo anual total do material selecionado (R\$)	696,50	1870,00
26	Custo:mão-de-obra p/trocar uma lâmpada (R\$)	0	0
27	Custo:mão-de-obra p/troca de lâmpadas (R\$)	0	0
28	Custos de limpeza por lâmpadas (R\$)	0	0
29	Número de limpezas por ano	0	0
30	Custo das limpezas anuais (R\$)	0	0
31	Custo total anual de mão-de-obra para manutenção (R\$)	0	0
32	Custo total de manutenção anual (R\$)	696,50	1870,00
33	Custos anuais da eletricidade (R\$)	21029,95	23366,61
34	Custos operacionais totais por ano (R\$)	21726,45	25236,61
Custos totais e relativos			
35	Custos totais anuais (R\$)	40086,45	34233,01

Fonte: Autor.

Tabela 16: Rentabilidade econômica em um ano das 68 salas

Rentabilidade das luminárias			
Cálculo da rentabilidade econômica em um ano			
Descrição do sistema de iluminação			
1	Número do artigo	1	2
2	Nome/designação	Interior Suspended Luminaire	Interior Suspended Luminaire
3	Equipado com	LED	Fluorescente
4	Quantidade lâmpadas por luminária	2	2
Valores base			
5	Fluxo luminoso nominal da lâmpada (lm)	3000	2300
6	Tempo médio de vida útil da lâmpada (h)	50000	8000
7	Watt por lâmpada (W)	36	40
8	Fator de envelhecimento (0.8)	0,8	0,8
9	Número de luminárias (unidade)	1224	1224
10	Preço de eletricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
11	Período anual estimado de funcionamento (h)	8760	8760
Custos da instalação			
12	Custos de uma luminária (R\$)	100	25
13	Custos dos acessórios por luminária (R\$)	0	24
14	Custo de instalação por luminária (R\$)	0	0
15	Preço por lâmpada (R\$)	19,9	8,5
16	Preço de lâmpadas por luminária (R\$)	39,8	17
17	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	139,8	66
18	Custos totais da instalação (R\$)	171115,20	80784,00
Custos fixos anuais			
19	Custo total de aquisição por luminária (R\$)	100	49
20	Custo total da instalação sem lâmpadas (R\$)	122400,00	59976,00
21	Custos fixos anuais (R\$)	18360,00	8996,40

Custos operacionais anuais			
22	Número de lâmpadas a trocar por ano	429	2681
23	Custo anual de substituição das lâmpadas (R\$)	8537,10	22788,50
24	Custo anual para peças sobresselentes (R\$)	0	0
25	Custo anual total do material selecionado (R\$)	8537,10	22788,50
26	Custo:mão-de-obra p/trocar uma lâmpada (R\$)	0	0
27	Custo:mão-de-obra p/troca de lâmpadas (R\$)	0	0
28	Custos de limpeza por lâmpadas (R\$)	0	0
29	Número de limpezas por ano	0	0
30	Custo das limpezas anuais (R\$)	0	0
31	Custo total anual de mão-de-obra para manutenção (R\$)	0	0
32	Custo total de manutenção anual (R\$)	8537,1	22788,50
33	Custos anuais da eletricidade (R\$)	255864,38	284293,75
34	Custos operacionais totais por ano (R\$)	264401,47	307082,25
Custos totais e relativos			
35	Custos totais anuais (R\$)	282761,47	316078,66

Fonte: Autor.

Na linha 9 de ambas as Tabelas 15 e 16, o valor de 1224 mostra um total de 18 luminárias vezes a quantidade de 68 salas de aula da Universidade.

Na linha 22 das Tabelas 15 e 16, mostraram que no período de um mês e no período de um ano as lâmpadas LED tubulares T8 são menos trocadas que as lâmpadas fluorescentes tubulares T8, o que atribui uma economia significativa apresentada na linha 23. Os gastos com energia elétrica na linha 33 de ambas as Tabelas 15 e 16, também mostram uma economia considerável das lâmpadas LED tubulares T8 em comparação as lâmpadas fluorescentes tubulares T8.

Na linha 35 das Tabelas 15 e 16, mostram valores de custo totais anuais mais altos para as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 que para as lâmpadas LED tubulares T8.

A Tabela 17, estima o tempo de um ano e dois meses para que a Universidade tenha o retorno financeiro da troca das lâmpadas e na economia

de energia utilizando as lâmpadas LED tubulares T8 no lugar das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 para iluminação de suas salas de aula.

Tabela 17: Retorno financeiro da Lâmpada LED Tubular T8 das 68 salas

Retorno Financeiro			
1	Lâmpada	LED	Fluorescente
2	Total lâmpadas por sala	36	36
3	Total de sala	68	
4	Custo da Lâmpada (R\$)	19,90	8,50
5	Período de funcionamento (dias)	425	425
6	Período de funcionamento (h)	10200	10200
7	Lâmpadas trocadas no período	501	3128
8	Custo de substituição das Lâmpadas (R\$)	9969,9	26588,0
9	Preço de electricidade (R\$/kWh)	0,66286	0,66286
10	Potência das lâmpadas (kW)	44	49
11	Custo de eletricidade no período (R\$)	297924,28	331026,98
12	Custo totais (R\$)	307894,18	357614,98
13	Diferença dos custos totais (R\$)	49720,80	
14	Custo total das Lâmpadas LED (R\$)	48715,20	

Fonte: Autor.

Os dados da Tabela 16 foram levados e consideração para os cálculos da Tabela 17 estipulando esses valores para o período de uma no e dois meses.

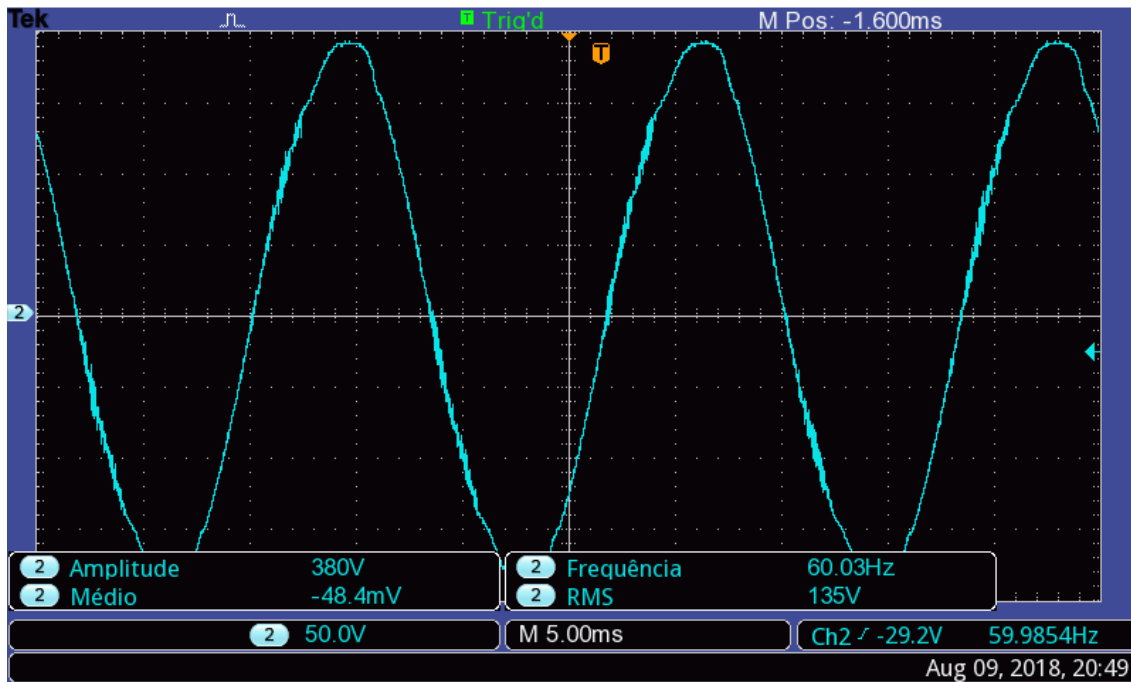
Os mesmo cálculos feitos na Tabela 14 foram utilizados na Tabela 17 para chegar na conclusão do tempo necessário para o retorno do investimento.

4.4 Harmônicos

Utilizando um osciloscópio da marca Tektronix TBS1072B, foi possível aferir a forma de onda da tensão e da corrente da lâmpada LED tubular T8 e da

lâmpada fluorescente tubular T8. As lâmpadas foram montadas na bancada do laboratório I104 em paralelo e alimentadas com a mesma tensão da rede sem passar por qualquer filtro de harmônicas. Por estarem em paralelo, as formas de onda das tensões são as mesmas e das correntes são diferentes como mostrado nas Figuras 12, 13 e 14.

Figura 12: Forma de onda da tensão

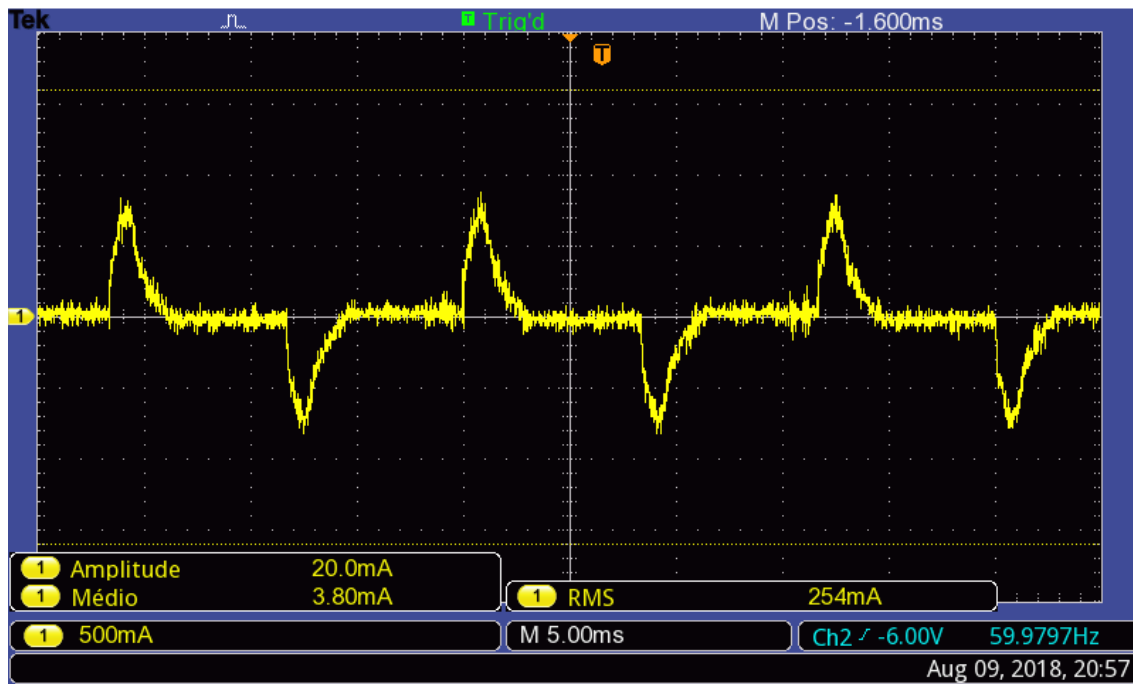


TBS 1072B - 10:27:16 09/08/2018

Fonte: Autor.

A Figura 12, apresenta ruídos na forma de onda da tensão devido a interferências de componentes eletrônicos na rede elétrica. A quantidade de ciclos analisados são três, o valor de tensão rms é 135 V, a frequência da rede de 60 Hz e seu valor de tensão de pico chega a 380 V.

Figura 13: Forma de onda da corrente da lâmpada led

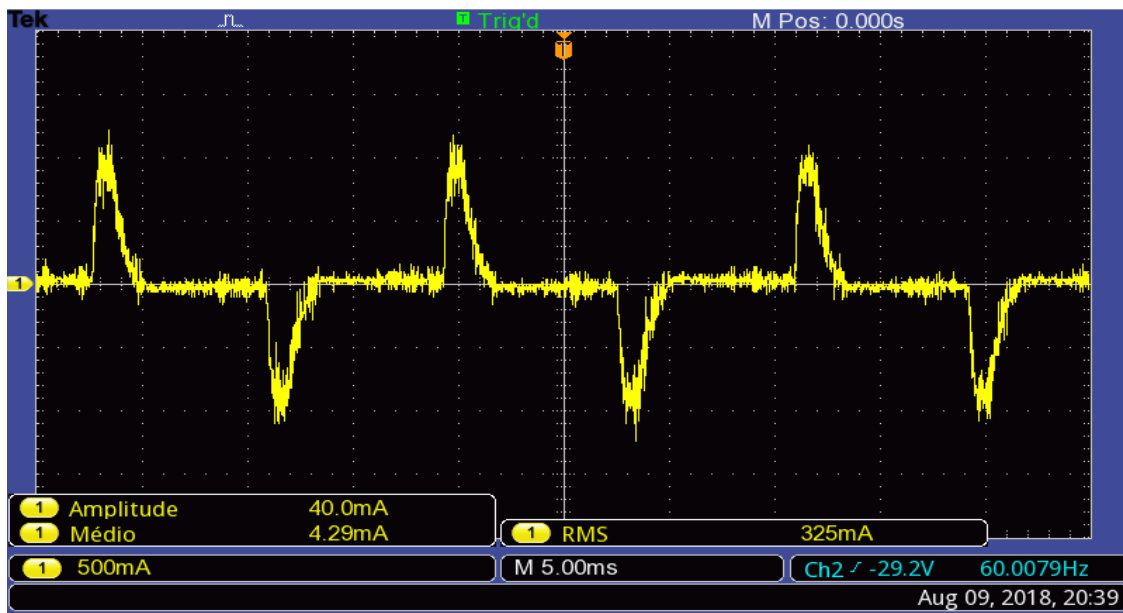


TBS 1072B - 10:34:22 09/08/2018

Fonte: Autor.

A Figura 13 apresenta uma forma de onda com ruídos devido a alimentação elétrica da lâmpada não estar passando por um filtro de harmônicos. São três a quantidade de ciclos da onda com valor de corrente rms de 254 mA e corrente de pico de 20 mA.

Figura 14: Forma de onda da corrente da lâmpada fluorescente



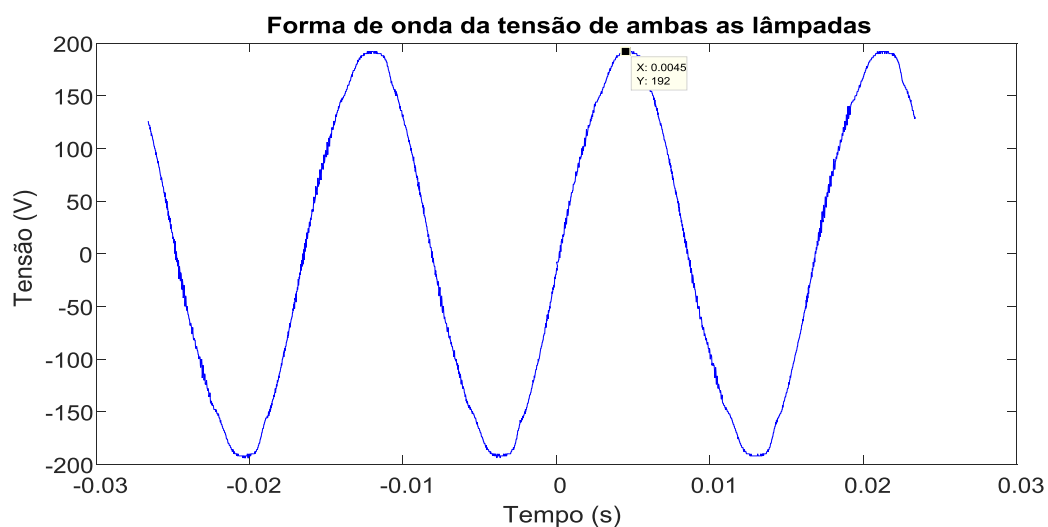
TBS 1072B - 10:16:42 09/08/2018

Fonte: Autor.

A Figura 14 tem três ciclos em sua forma de onda, corrente de pico 40 mA sendo o dobro do valor da corrente de pico da lâmpada LED Figura 13, valor de corrente em rms de 325 mA. Ao ser alimentada pela rede elétrica sem um filtro de harmônico, a forma de onda apresenta ruídos.

Com os dados coletados em formato txt de cada forma de onda, utilizou-se o software *MATLAB* para reproduzir os sinais de onda das respectivas imagens 12, 13 e 14 e mostrar os harmônicos gerados de cada lâmpada. A programação utilizada no software *MATLAB* se encontra no ANEXO B.

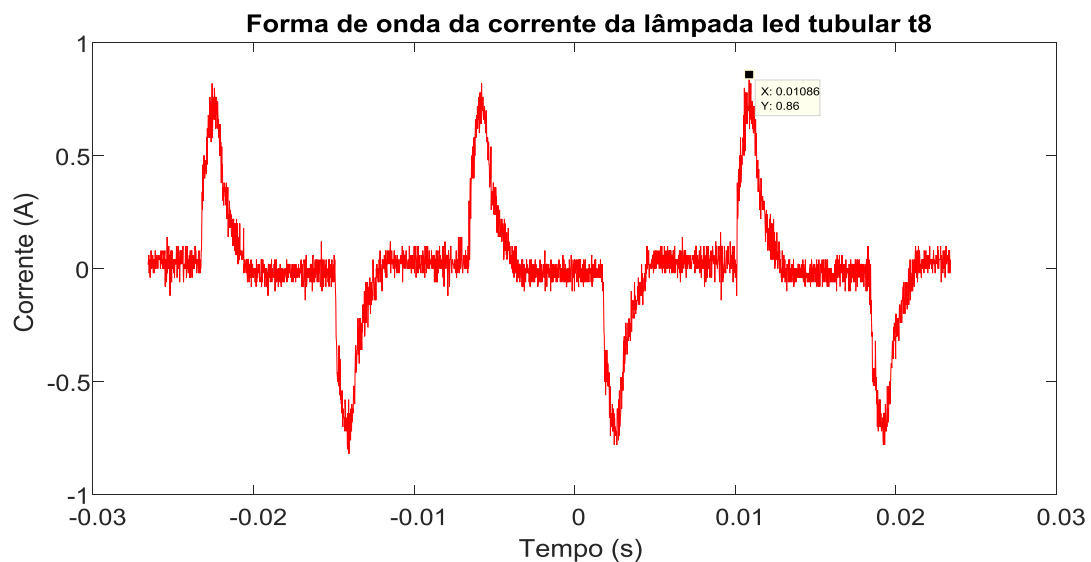
Figura 15: Forma de onda das tensões



Fonte: Autor.

A Figura 15 apresenta o valor de pico de tensão de 192 V no tempo de 0,0045 segundos, a quantidade de amostras analisadas são 2500 o que refere a três ciclos do sinal. Os mesmo ruídos apresentados na Figura 12 são mostrados na Figura 15.

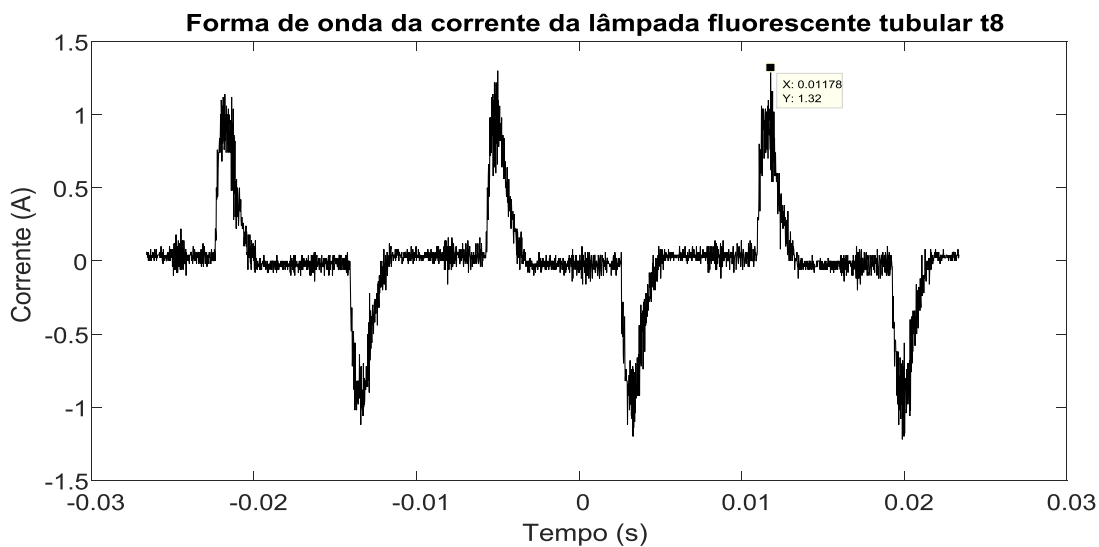
Figura 16: Forma de onda da corrente da lâmpada LED



Fonte: Autor.

A Figura 16 apresenta o valor de pico da corrente como sendo 860 mA no tempo de 0,01086 segundos. A forma de onda é representada por três ciclos com os mesmo ruídos da Figura 13.

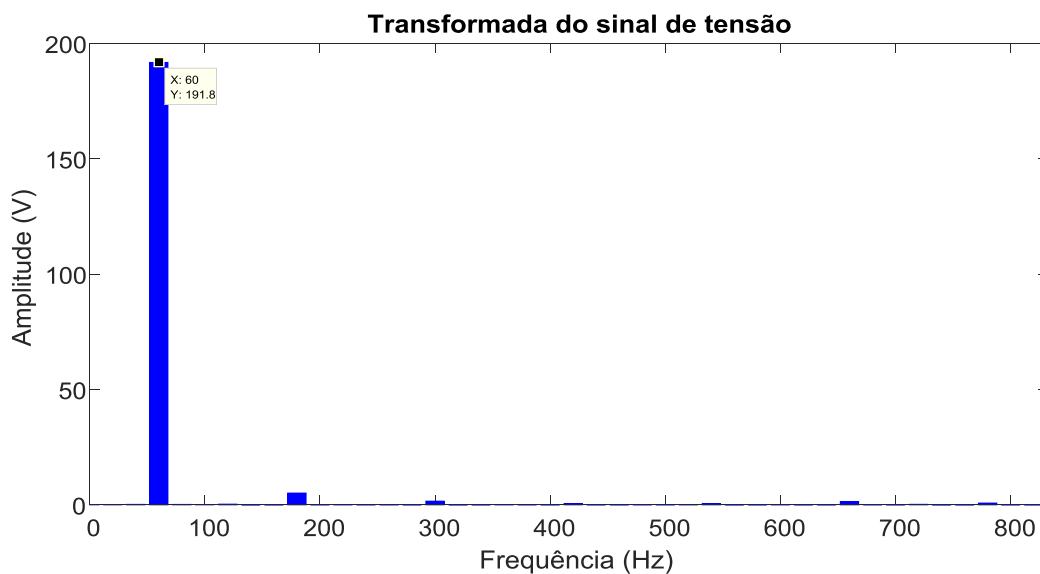
Figura 17: Forma de onda da corrente da lâmpada fluorescente



A Figura 17 apresenta o valor de pico da corrente como sendo 1320 mA no tempo de 0,01178 segundos. Sua forma de onda é representada com três ciclos e os ruídos são os mesmos da Figura 14.

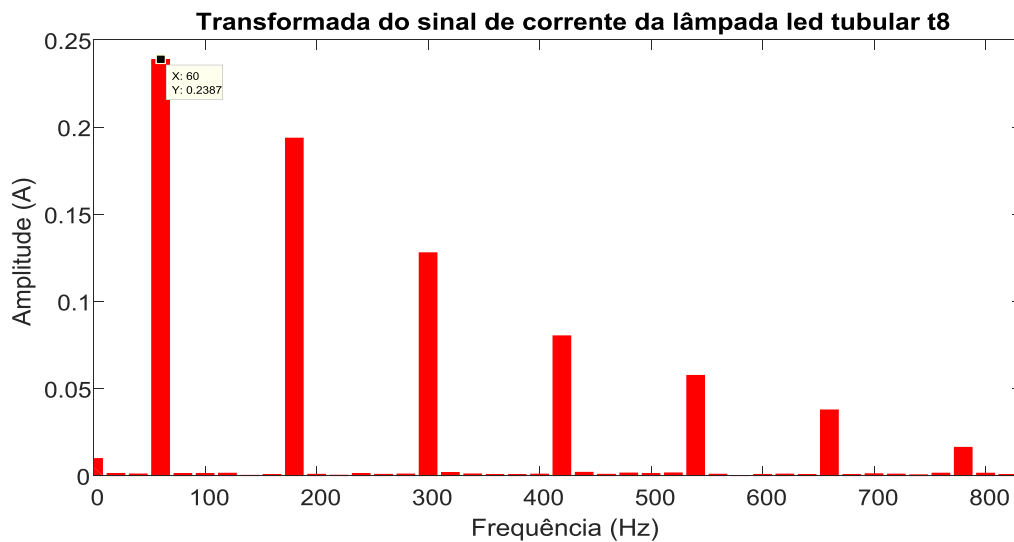
As Figuras 18, 19 e 20 mostram as amplitudes das harmônicas em função da frequência dos sinais de tensão e corrente de pico da lâmpada led tubular T8 e da lâmpada fluorescente tubular T8.

Figura 18: Transformada do sinal de tensão



A Figura 18 apresenta na fundamental o valor em amplitude de 191, 8. Os valores da amplitude dos harmônicos, são os valores da transformada de Fourier dos valores de pico da tensão da Figura 15.

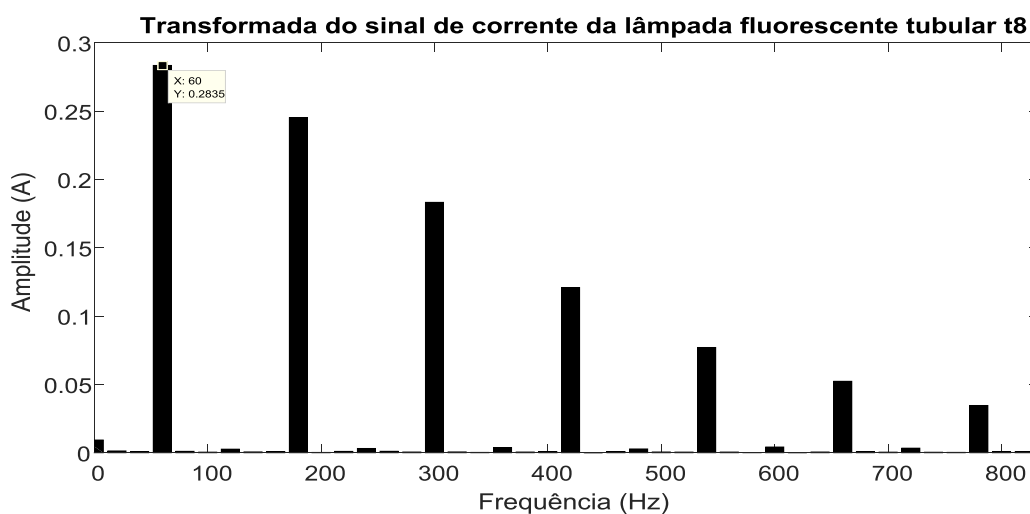
Figura 19: Transformada do sinal de corrente da lâmpada LED



Fonte: Autor.

A Figura 19 apresentam valores baixos de sub-harmônicas e inter-harmônicas. A amplitude na componente fundamental é de 0,2387. Os valores da amplitude da Figura 19, são valores da transformada de Fourier dos valores de pico da corrente da Figura 16.

Figura 20: Transformada do sinal de corrente da lâmpada fluorescente



Fonte: Autor.

A Figura 20 apresentam valores baixos de sub-harmônicas e inter-harmônicas. A amplitude na componente fundamental é de 0,2835. Os valores da amplitude da Figura 20, são valores da transformada de Fourier dos valores de pico da corrente da Figura 17.

A Tabela 18 mostra as ordens harmônicas e seus respectivos valores das amplitudes. Os valores das amplitudes dos harmônicos são os valores de pico da tensão e corrente quando transformados pela transformada de Fourier das Figuras 15, 16 e 17.

Tabela 18: Harmônicos

Transformada do sinal de tensão							
Ordem harmônica	1	3	5	7	9	11	13
Amplitude	191,8	5,137	1,632	0,5579	0,5232	1,3776	0,8112
Transformada do sinal de corrente da lâmpada LED tubular T8							
Ordem harmônica	1	3	5	7	9	11	13
Amplitude	0,2387	0,1937	0,1279	0,08027	0,05759	0,03775	0,0163
Transformada do sinal de corrente da lâmpada fluorescente tubular T8							
Ordem harmônica	1	3	5	7	9	11	13
Amplitude	0,2835	0,2453	0,1833	0,121	0,07716	0,0524	0,03471

Fonte: Autor.

Utilizando as equações 2 e 4 é possível calcular as distorções harmônicas causadas por cada uma das lâmpadas. Os valores são apresentado na Tabela 19.

Tabela 19: Distorções harmônicas

Cálculo de Distorção Harmônica	Distorção Harmônica de Tensão (DTT%)	Distorção Harmônica de Corrente (DTI%)
Lâmpada LED Tubular T8	2,958231758	107,0778643
Lâmpada Fluorescente Tubular T8	2,958231758	121,330231

Fonte: Autor.

Analisando a Tabela 18, os maiores valores de amplitude dos harmônicos estavam na lâmpada fluorescente tubular T8. A causa desse efeito se deve a utilização dos reatores eletrônicos para o starter da lâmpada.

Utilizando lâmpadas LED tubulares T8 no lugar das lâmpadas fluorescentes tubulares T8, há uma melhoria na qualidade de energia na rede

elétrica por apresentar valores de amplitude baixos dos harmônicos e conseqüentemente evitar queima de componentes eletrônicos sensíveis as oscilações de energia por exemplo.

Na Tabela 19, os valores de distorção harmônica de tensão são os mesmos para ambas as lâmpadas por estarem ligadas em paralelo e apresentam valores muito baixos. Já o valor de distorção de corrente da lâmpada LED tubular T8 é de 107% acima da componente fundamental de corrente, um valor baixo comparado com a distorção harmônica de corrente da lâmpada fluorescente tubular T8 que é 121 % acima da componente fundamental de corrente e por conseqüência causa mais distorções no sinal amostrado de corrente que a lâmpada LED.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados medidos pelo luxímetro mostram uma intensidade luminosa maior para as lâmpadas LED tubulares T8 em relação as lâmpadas fluorescentes tubulares T8. Embora a iluminação ambiente possa interferir nos valores assim como a posição das luminárias a lâmpada LED tubular T8 se destacou por ser mais eficiente em sua luminosidade que a lâmpada fluorescente tubular T8.

O software *RELUX* apresenta ferramentas úteis para projetos luminotécnicos e cálculos financeiros. Os valores simulados das lâmpadas pelo software não se aproximaram dos valores reais aferidos pelo luxímetro mas apresentaram dados detalhados para a comparação de uma lâmpada com a outra. Assim como no resultado real, as lâmpadas LED tubulares T8 se mostraram mais eficientes em luminosidade que as lâmpadas fluorescentes tubulares T8.

Utilizando a ferramenta matemática do software *RELUX*, foi possível estimar os gastos em instalação de luminárias, lâmpadas, acessórios, gastos com energia e troca de lâmpadas em um período de um mês e um ano para uma sala e depois para sessenta e oito salas de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio.

Os cálculos realizados pelo programa em questão, para ambos os períodos citados, mostram que as lâmpadas LED tubulares T8 obtiveram os menores gastos tanto com o consumo de energia elétrica, quanto com as trocas de lâmpadas se comparados com os que foram feitos para as lâmpadas fluorescentes tubulares T8.

Deve-se observar ainda, que estes gastos em que se analisa a viabilidade econômica da troca, não foram levados em consideração muitos aspectos financeiros importantes, tais como; a depreciação das lâmpadas, aumentos na tarifa de energia elétrica, bem como taxas de investimentos e juros do mercado.

Como não há como inserir estas informações no software, considera-se que os cálculos econômicos são bem simples e que levam em consideração apenas aspectos como os custos de trocas e tarifas fixos.

Porém, com essa economia, calculou-se uma estimativa de investimento nas lâmpadas LED tubulares T8 para iluminação de uma e das sessenta e oito salas, o retorno financeiro estimado é de um ano e dois meses para ambas as situações de salas o que vem a ser vantajoso por apresentar uma boa economia nos gastos.

A lâmpada LED tubular T8 apresentou os valores mais baixos de harmônicos e de distorção harmônica de corrente o que a torna melhor que a lâmpada fluorescente tubular T8 no requisito qualidade de energia.

Para estudos futuros sugere-se; comparar as lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes compactas quanto a iluminância e rentabilidade, considerando os dados de depreciação, dados de custos de manutenção e a taxa de amortização. Além disso, pode-se aferir os harmônicos, bem como calcular distorção harmônica de tensão e corrente, distorção harmônica individual, fator de distorção do sistema utilizando-se ou um filtro para retirada dos ruídos ou uma fonte adequada.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Rev. 6. 2015.

COPEL. **Tarifa Horária Azul - Subgrupo AS**. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fd0f4be78b93eb14403257488005939cc>>. Acesso em: 20 maio. 2018.

LUMEARQUITETURA. **Software Relux**. Disponível em:<http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed19/ed_19_Software.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

MAIA, A. C. B; VILLAR, P.R; OLIVEIRA, T. D; ALMEIDA, V. **Manual de iluminação** - página 14. 1ed. Rio de Janeiro: Editora PROCEL, 2011.

MUNDOFISICO. **Como funciona a lâmpada fluorescente**. Disponível em:<<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=2&idSubSecao=&idTexto=8>>. Acesso em: 10 out. 2017.

MONTEIRO,Raul.V.A. **Lâmpadas tubulares led x fluorescentes: estudos de viabilidade, na perspectiva da qualidade da energia e eficiência elétrica** - página 25, Cuiabá. Editora: UFMT, 2015.

UNICAMP. **LED o que é, e Como funciona**. Disponível em:<<https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>>. Acesso em: 14 out. 2017.

ZILIO, S. C. **Ótica moderna: fundamentos e aplicações** - página 8: 1 ed. São Paulo: Editora USP, 2009.

ANEXO A: Valores de iluminâncias simuladas

Lâmpada LED Tubular T8

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®**Divisão 1****Resultados do cálculo, Divisão 1****Tabela, Plano de referência 1.1 (E)**

	1540	1480	1410	1410	1420	1440	1430	1280
14	4970	4670	4570	4580	4640	4730	1970	1970
	5250	4810	4680	4690	4780	4890	2190	2190
	5240	4850	4630	4700	4790	4900	2240	2140
	5420	4920	4770	4780	4870	4980	2270	2240
12	5010	2130	639	4870	1900	3970	2300	1660
	2450	2210	2120	2100	2170	5030	2210	2080
	5060	4990	4740	4850	4830	4960	2170	1890
	5480	5020	4880	4850	4930	5010	2270	2220
10	5500	5060	4850	4870	4950	5050	2340	2290
	5570	5120	4930	4940	5020	5130	2430	2360
	5590	5110	4950	4950	5030	5140	2410	2390
	5070	4890	4630	4770	4780	4810	2140	2020
8	1870	1790	1760	1740	1760	1740	1680	1530
	1610	1730	(218)	1690	1680	232	1540	1310
	1990	1900	1850	1830	1840	1840	1810	1630
6	4880	4930	4580	4810	4770	4850	2220	2000
	5480	5020	4860	4870	4970	5070	2350	2330
	5490	4990	4800	4840	4900	5040	2340	2280
	5480	5020	4820	4860	4940	5040	2340	2290
4	5500	5030	4910	4900	4980	5080	2330	2270
	2350	2180	2000	2100	2120	2140	2210	2010
	5130	4920	4830	4840	4900	4950	2160	2010
	4670	4830	4070	4720	1870	283	2240	1630
2	5220	4840	4720	4760	4860	4970	2270	2210
	5190	4870	4740	4710	4790	4960	2320	2250
	5040	4800	4680	4670	4720	4900	2220	2230
	4680	4510	4440	4450	4510	4590	1830	1670
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média
 Iluminância mínima
 Iluminância máxima
 Uniformidade U_o
 Uniformidade U_d
 Data, Hora

: 0.75 m
 Em : 3630 lx
 Emin : 218 lx
 Emax : 5590 lx
 Emin/Em : 1 : 16.68 (0.06)
 Emin/Emax : 1 : 25.68 (0.04)
 : 09.04. 08:00 (WOZ 06:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	15000	15100	15200	15300	15400	15500	15600	2250
[m]	15200	15300	15500	15700	15900	16200	16400	16400
14	15300	15400	15600	15800	16100	16400	16700	16700
	15300	15400	15600	15800	16100	16400	16700	16700
	15300	15500	15600	15900	16100	16400	16700	16800
12	2290	2490	651	2900	2820	14700	16600	2540
	15500	15700	15800	16000	3200	3330	3370	3190
	15500	15600	15600	16000	16100	16400	16600	16200
	15400	15600	15800	16000	16300	16500	16800	16800
10	15400	15600	15700	16000	16200	16600	16900	16900
	15400	15600	15800	16000	16300	16600	16900	16900
	2430	15600	15700	16000	16200	16500	16800	16900
	2280	2430	2410	2690	2800	2900	16200	16200
8	2220	2310	2410	2520	2590	2610	2540	2340
	15100	15400	427	2550	2630	(254)	2500	2130
	15400	15600	15700	15900	16000	16100	16100	2800
	15500	15700	15400	16100	16000	16300	16700	16400
6	15500	15700	15800	16100	16400	16600	16900	[17000]
	15500	15600	15700	16000	16200	16600	16900	16900
	15400	15600	15800	16000	16300	16600	16900	16900
4	2460	2580	2770	2970	16200	16500	16700	16800
	15500	15700	15800	16100	3190	3310	3440	3150
	15400	15600	15800	16000	16300	16500	16700	16500
	15200	15400	14900	15900	16000	569	16800	2870
2	15200	15400	15600	15900	16200	16500	16800	16800
	15200	15300	15500	15600	15900	16300	16800	16800
	2040	15200	15300	15500	15700	16200	16500	16700
	1690	1820	1960	2120	2310	2500	2700	2520
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 12900 lx
Iluminância mínima	Emin	: 254 lx
Iluminância máxima	Emax	: 17000 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 50.64 (0.02)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 66.81 (0.01)
Data, Hora		: 09.04. 09:00 (WOZ 07:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1560	1700	1850	2180	2430	2910	33100	33300
14	1740	1930	2150	2450	2810	3350	33700	34400
	1770	1950	2180	2500	2880	3460	33900	34700
	1750	1950	2110	2480	2870	3380	33900	34500
	1800	2000	2240	2560	2900	3400	4060	34500
12	1850	2100	544	2680	2900	1360	3930	3150
	2020	2210	2460	2760	3160	3630	33800	34000
	1940	2140	2120	2710	2890	3580	34000	33900
	1880	2060	2310	2630	3030	3610	34100	[34800]
10	1870	2050	2190	2580	2940	3530	34000	34700
	1940	2120	2310	2580	2930	3440	33900	34700
	2000	2160	2360	2610	2870	3270	3790	34300
	1920	2110	2170	2520	2720	2880	3220	3350
8	1870	2010	2220	2460	2670	2890	2920	2730
	1740	2050	395	2480	2760	(211)	33000	2890
	1950	2130	2360	2620	2950	3390	33600	33800
	1960	2190	1990	2750	2860	3430	34000	33900
6	1940	2140	2370	2690	3090	3660	34100	[34800]
	1890	2050	2220	2590	2910	3560	34000	34600
	1850	2060	2260	2610	2970	3450	4100	34600
4	1920	2090	2360	2670	3020	3520	3950	4320
	1920	2140	2290	2700	3080	3520	33800	33900
	1800	2010	2250	2590	3000	3530	33900	34400
	1560	1840	1470	2410	2750	870	34000	33900
2	1560	1740	1970	2290	2710	3290	33900	34500
	1550	1720	1920	2120	2350	3030	33600	34300
	1490	1640	1820	2020	2180	2680	3300	33900
	1280	1420	1570	1740	1940	2200	2510	2550
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 8230 lx
Iluminância mínima	Emin : 211 lx
Iluminância máxima	Emax : 34800 lx
Uniformidade U _o	Emin/Em : 1 : 38.98 (0.03)
Uniformidade U _d	Emin/Emax : 1 : 165.01 (0.01)
Data, Hora	: 09.04. 11:00 (WOZ 09:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1360	1480	1600	1870	2050	2420	2850	38300
[m]	1530	1690	1880	2120	2390	2790	3300	39200
14	1560	1710	1910	2170	2450	2890	3500	39400
	1530	1710	1850	2160	2470	2850	3490	39300
	1580	1760	1970	2240	2530	2940	3460	4160
12	1650	1870	480	2360	2570	1130	3490	38200
	1800	1980	2190	2460	2770	3160	3610	39100
	1730	1930	1900	2400	2560	3020	3650	38900
	1680	1850	2060	2320	2620	3060	3660	[39600]
10	1680	1850	1960	2290	2560	2990	3610	39500
	1750	1920	2090	2330	2590	2980	3520	39400
	1820	1980	2150	2380	2600	2930	3310	3920
	1740	1930	1990	2300	2480	2650	2970	3050
8	1690	1820	2010	2230	2420	2650	2770	2690
	1580	1850	283	2230	2460	(189)	2960	38000
	1770	1930	2130	2350	2610	2950	3360	38900
	1780	1990	1820	2460	2560	2910	3670	38900
6	1750	1930	2130	2400	2700	3130	3720	[39600]
	1690	1840	1990	2310	2550	3040	3630	39400
	1660	1850	2020	2320	2620	3010	3530	4230
4	1730	1890	2120	2380	2680	3090	3520	39000
	1750	1940	2060	2420	2710	3060	3610	39100
	1640	1820	2030	2300	2620	3030	3610	39300
	1430	1670	1300	2140	2400	585	3590	38900
2	1440	1600	1790	2050	2370	2790	3490	39400
	1440	1600	1780	1960	2130	2610	3280	39100
	1400	1550	1710	1890	2000	2410	2890	3560
	1210	1340	1480	1640	1820	2050	2320	2380
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 5760 lx
Iluminância mínima	Emin	: 189 lx
Iluminância máxima	Emax	: 39600 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 30.48 (0.03)
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 209.73 (0.00)
Data, Hora		: 09.04. 12:00 (WOZ 10:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1050	1150	1230	1420	1530	1760	2020	2240
14	1210	1330	1460	1630	1810	2060	2390	2930
	1220	1330	1470	1660	1850	2140	2550	3140
	1180	1310	1410	1630	1850	2110	2540	3030
	1220	1350	1500	1690	1900	2190	2560	3050
12	1290	1460	373	1810	1950	854	2610	2420
	1430	1560	1710	1890	2110	2370	2680	3000
	1370	1500	1480	1840	1940	2230	2670	2730
	1300	1420	1580	1760	1960	2260	2650	3220
10	1300	1430	1500	1740	1920	2210	2630	3180
	1380	1500	1630	1800	1980	2250	2610	3100
	1440	1560	1690	1860	2020	2250	2520	2930
	1370	1510	1540	1780	1910	2020	2280	2340
8	1310	1410	1550	1700	1820	1990	2090	2060
	1230	1430	204	1690	1850	(176)	2150	2160
	1390	1510	1650	1800	1960	2170	2420	2690
	1420	1570	1440	1890	1960	2140	2670	2720
6	1380	1510	1650	1840	2040	2320	2710	[3300]
	1310	1420	1530	1760	1920	2260	2660	3130
	1290	1440	1550	1770	1980	2250	2620	3100
4	1370	1490	1660	1850	2050	2340	2660	3010
	1410	1550	1630	1900	2100	2330	2710	2960
	1320	1460	1610	1800	2020	2290	2680	3090
	1150	1330	1020	1680	1850	388	2660	2790
2	1170	1290	1440	1630	1860	2130	2610	3150
	1190	1320	1460	1600	1700	2050	2530	3030
	1180	1300	1430	1570	1650	1970	2330	2790
	1010	1130	1240	1370	1520	1700	1920	1990
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5 [m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 1880 lx
Iluminância mínima	Emin : 176 lx
Iluminância máxima	Emax : 3300 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 10.65 (0.09)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 18.69 (0.05)
Data, Hora	: 09.04. 13:00 (WOZ 11:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	919	1000	1060	1200	1270	1420	1570	1650
[m]	1060	1160	1250	1380	1500	1650	1850	2160
14	1050	1150	1250	1390	1510	1700	1950	2290
	1010	1110	1180	1350	1490	1660	1940	2230
	1040	1150	1250	1390	1530	1720	1960	2260
12	1100	1250	318	1510	1600	744	2030	1830
	1240	1350	1460	1590	1740	1900	2090	2270
	1180	1290	1250	1530	1600	1760	2050	2030
	1120	1210	1320	1450	1580	1770	1990	2300
10	1110	1210	1260	1430	1550	1730	1980	2290
	1190	1290	1380	1500	1620	1800	2020	2300
	1260	1350	1440	1560	1670	1820	1980	2220
	1180	1290	1310	1490	1560	1630	1810	1820
8	1120	1200	1300	1400	1480	1580	1630	1590
	1060	1210	(156)	1390	1490	173	1650	1590
	1200	1290	1400	1500	1590	1720	1850	1960
6	1230	1360	1270	1580	1610	1720	2040	1990
	1190	1290	1390	1520	1650	1830	2060	[2390]
	1120	1210	1280	1450	1550	1770	2020	2290
	1110	1220	1300	1460	1600	1780	2010	2290
4	1190	1290	1410	1540	1680	1870	2070	2280
	1240	1350	1400	1600	1730	1870	2110	2240
	1150	1260	1380	1510	1660	1830	2050	2310
2	997	1140	852	1390	1510	280	2000	2020
	1010	1110	1220	1360	1520	1700	1980	2350
	1060	1150	1260	1360	1430	1670	1980	2330
	1050	1150	1250	1350	1410	1640	1870	2150
	899	990	1080	1180	1290	1420	1560	1600
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m
Iluminância mínima	Emin	: 1520 lx
Iluminância máxima	Emax	: 156 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 2390 lx
Uniformidade Ud	Emin/Em	: 1 : 9.76 (0.10)
Data, Hora	Emin/Emax	: 1 : 15.39 (0.06)
		: 09.04. 14:00 (WOZ 12:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	792	859	896	996	1030	1120	1210	1230
14	932	1010	1080	1170	1240	1340	1470	1660
	921	998	1070	1170	1250	1380	1550	1770
	876	954	1010	1130	1220	1340	1540	1720
	906	990	1070	1170	1260	1400	1570	1770
12	976	1090	277	1280	1320	574	1640	1460
	1100	1180	1270	1360	1460	1560	1690	1790
	1040	1130	1100	1300	1330	1450	1640	1570
	976	1050	1130	1220	1300	1430	1580	1760
10	973	1050	1080	1210	1290	1400	1580	1770
	1050	1130	1190	1280	1360	1480	1640	1810
	1120	1190	1260	1340	1420	1520	1640	1800
	1050	1130	1130	1270	1310	1350	1490	1470
8	982	1040	1120	1180	1230	1290	1320	1270
	924	1060	(129)	1180	1240	174	1300	1230
	1060	1130	1210	1270	1330	1400	1460	1490
6	1100	1200	1090	1360	1360	1390	1630	1560
	1060	1140	1210	1300	1380	1500	1640	[1860]
	992	1060	1110	1230	1290	1440	1610	1790
	983	1070	1120	1240	1330	1450	1620	1800
4	1070	1140	1240	1330	1420	1550	1690	1820
	1120	1210	1230	1390	1470	1570	1740	1780
	1030	1130	1210	1310	1410	1530	1680	1790
	895	1020	735	1200	1280	223	1630	1570
2	914	993	1080	1180	1300	1430	1640	1820
	959	1040	1120	1200	1250	1420	1670	1850
	965	1050	1130	1200	1240	1420	1600	1800
	822	903	977	1050	1140	1240	1360	1370
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 1270 lx
Iluminância mínima	Emin	: 129 lx
Iluminância máxima	Emax	: 1860 lx
Uniformidade U _o	Emin/Em	: 1 : 9.85 (0.10)
Uniformidade U _d	Emin/Emax	: 1 : 14.41 (0.07)
Data, Hora		: 09.04. 15:00 (WOZ 13:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	676	727	752	826	849	914	974	964
14	805	865	915	979	1040	1110	1210	1340
	787	845	898	973	1040	1140	1280	1450
	737	795	832	926	999	1100	1270	1390
	763	826	884	961	1040	1150	1290	1450
12	834	922	237	1070	1100	510	1370	1200
	953	1020	1080	1150	1230	1320	1420	1490
	897	965	935	1100	1120	1220	1360	1300
	832	884	953	1020	1090	1190	1310	1440
10	833	892	916	1010	1080	1180	1320	1460
	914	971	1020	1100	1150	1270	1400	1520
	982	1040	1090	1160	1220	1310	1420	1540
	910	977	957	1090	1110	1160	1280	1260
8	842	885	943	994	1030	1080	1100	1070
	790	898	(116)	986	1030	176	1070	992
	923	975	1030	1080	1120	1170	1210	1200
	964	1040	950	1160	1160	1190	1370	1300
6	921	983	1040	1110	1170	1270	1390	1540
	856	903	942	1040	1090	1210	1360	1490
	850	920	953	1050	1130	1230	1370	1510
4	936	993	1070	1140	1220	1330	1440	1540
	988	1060	1070	1210	1260	1350	1480	1480
	910	982	1050	1130	1210	1300	1420	1480
	778	876	609	1020	1080	192	1370	1260
2	799	859	924	1010	1100	1210	1370	1510
	850	917	980	1040	1090	1230	1420	[1560]
	865	931	991	1050	1080	1230	1390	1540
	733	798	856	915	991	1080	1170	1180
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

Altura do plano de referência

Iluminância média
 Iluminância mínima
 Iluminância máxima
 Uniformidade U_o
 Uniformidade U_d
 Data, Hora

: 0.75 m
 E_m : 1080 lx
 E_{min} : 116 lx
 E_{max} : 1560 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 9.31 (0.11)
 E_{min}/E_{max} : 1 : 13.50 (0.07)
 : 09.04. 16:00 (WOZ 14:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	588	628	648	709	727	781	827	803
	708	757	797	852	903	968	1050	1150
14	686	732	776	841	900	992	1110	1250
	632	677	707	789	855	951	1100	1190
	655	704	752	820	893	994	1120	1250
12	725	797	207	926	949	468	1200	1040
	839	892	944	1010	1080	1160	1250	1300
	782	837	811	956	976	1070	1190	1120
	718	758	818	877	942	1040	1140	1230
10	720	767	788	876	942	1030	1160	1270
	802	847	889	959	1020	1120	1240	1340
	870	916	958	1020	1080	1170	1270	[1370]
	798	853	831	949	973	1020	1140	1110
8	728	761	810	856	894	939	959	926
	680	771	(108)	847	889	170	920	836
	808	850	901	942	979	1020	1050	1020
	852	915	839	1020	1020	1060	1210	1130
6	808	858	903	969	1030	1120	1220	1340
	744	779	812	897	946	1060	1190	1290
	738	795	821	908	979	1080	1200	1310
4	823	868	934	999	1070	1170	1270	1350
	876	933	942	1060	1110	1190	1300	1280
	799	858	915	984	1060	1140	1230	1260
	672	754	505	880	926	174	1180	1050
2	693	741	794	870	953	1050	1190	1290
	750	803	854	904	957	1080	1250	1350
	773	824	871	920	944	1090	1220	1350
	649	701	747	797	864	940	1030	1030
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 937 lx
Iluminância mínima	Emin : 108 lx
Iluminância máxima	Emax : 1370 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 8.67 (0.12)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 12.70 (0.08)
Data, Hora	: 09.04. 17:00 (WOZ 15:29)

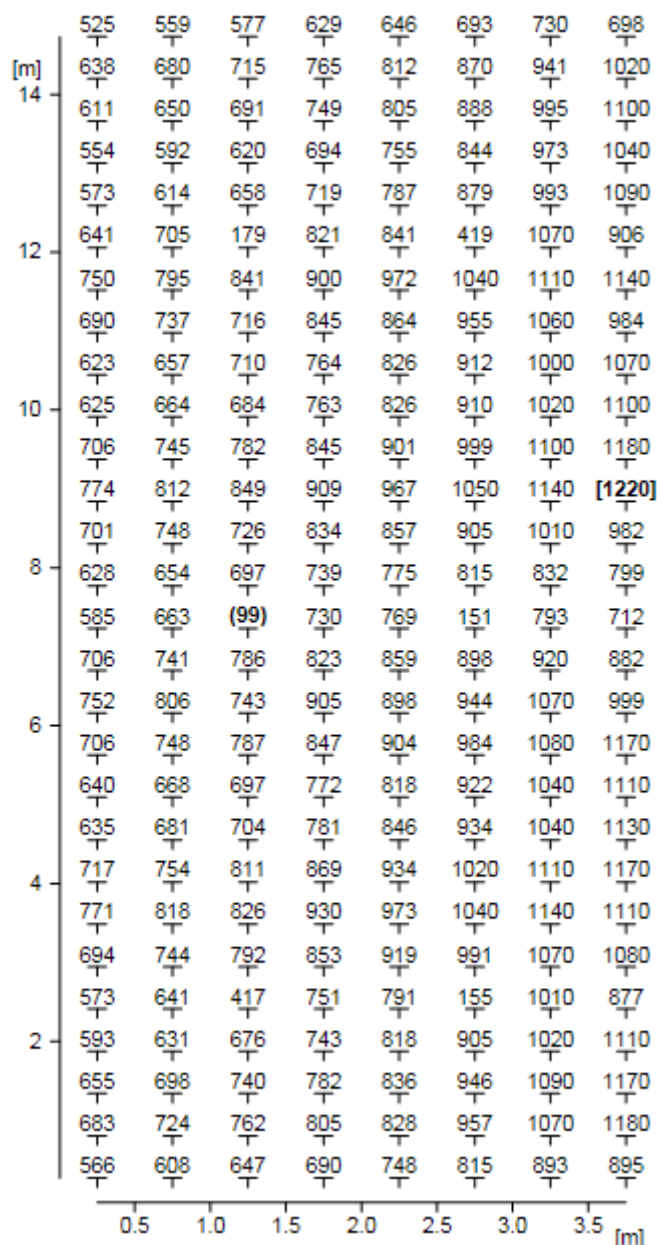
Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)



Altura do plano de referência

Iluminância média
 Iluminância mínima
 Iluminância máxima
 Uniformidade U_o
 Uniformidade U_d
 Data, Hora

: 0.75 m
 Em : 820 lx
 Emin : 99 lx
 Emax : 1220 lx
 Emin/Em : 1 : 8.31 (0.12)
 Emin/Emax : 1 : 12.35 (0.08)
 : 09.04. 18:00 (WOZ 16:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	488	518	533	576	589	624	650	614
[m]	593	632	662	704	742	785	838	885
14	561	598	633	681	726	790	871	939
	500	535	558	620	669	736	834	877
	515	552	589	640	693	763	848	917
12	584	641	154	737	751	345	922	777
	685	727	765	814	871	920	973	981
	624	667	647	757	770	837	917	846
	554	585	629	674	723	788	858	901
10	553	589	606	672	721	786	871	925
	633	670	702	753	798	872	953	1000
	700	735	766	816	861	920	989	[1040]
	628	670	655	741	759	792	868	843
8	553	578	613	647	674	702	710	677
	516	583	(80)	639	669	114	680	607
	630	663	700	731	760	789	803	763
	677	726	672	809	802	836	937	870
6	627	666	700	748	794	856	926	986
	558	583	608	669	706	787	874	925
	553	593	613	675	727	793	876	933
4	634	668	714	761	811	876	942	978
	687	729	738	821	856	905	978	944
	611	655	694	744	796	850	907	907
	497	555	356	644	676	125	845	726
2	513	547	584	638	697	763	854	907
	576	617	651	685	729	815	920	976
	607	647	679	714	732	828	920	992
	501	539	569	603	648	697	755	748
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m
Iluminância mínima	Emin	: 717 lx
Iluminância máxima	Emax	: 80 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1040 lx
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 8.94 (0.11)
Data, Hora	Emin/Emax	: 1 : 13.02 (0.08)
		: 09.04. 19:00 (WOZ 17:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	422	452	466	496	504	521	534	500
[m]	524	558	581	611	634	655	683	697
14	486	520	545	578	605	639	682	708
	419	450	467	508	538	572	626	641
	429	460	487	520	551	588	633	662
12	499	548	118	614	621	232	712	607
	590	628	654	689	722	745	771	760
	529	568	549	630	636	663	715	658
10	456	485	515	545	575	610	646	661
	455	486	500	543	572	607	653	674
	534	569	592	626	653	692	735	749
	601	634	657	692	718	746	782	[802]
8	532	570	564	620	631	641	683	656
	456	480	506	530	545	557	555	524
	429	484	(49)	525	543	64	541	483
	534	566	593	616	634	647	652	614
6	586	629	587	690	685	688	757	702
	530	567	592	624	652	685	722	743
	457	482	500	541	563	607	654	673
4	454	488	505	545	576	610	654	676
	534	566	599	630	660	694	726	733
	588	627	634	691	712	730	772	738
	515	553	581	614	645	672	702	687
2	411	458	289	518	537	76	630	548
	424	452	478	513	548	583	634	651
	492	525	549	572	593	638	703	720
	529	561	582	609	617	665	719	750
	423	457	480	503	528	552	582	564
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 581 lx
Iluminância mínima	Emin : 49 lx
Iluminância máxima	Emax : 802 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 11.86 (0.08)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 16.38 (0.06)
Data, Hora	: 09.04. 20:00 (WOZ 18:29)

Lâmpada Fluorescente Tubular T8

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1430	1360	1290	1290	1310	1320	1320	1180
	4810	4500	4400	4410	4470	4560	1810	1820
14	5130	4690	4550	4560	4660	4760	2070	2070
	5170	4780	4560	4630	4720	4830	2170	2080
	5360	4850	4710	4720	4800	4920	2210	2180
12	4900	2010	626	4750	1790	3950	2190	1560
	2300	2040	1950	1930	2010	4870	2050	1930
	4950	4870	4620	4730	4720	4840	2060	1790
	5420	4950	4810	4780	4870	4960	2220	2170
10	5440	4990	4780	4810	4890	4990	2290	2230
	5460	5000	4810	4820	4910	5020	2320	2260
	5430	4950	4780	4790	4870	4980	2250	2240
	4950	4770	4510	4660	4660	4690	2020	1910
8	1810	1730	1690	1680	1700	1680	1620	1470
	1550	1660	(218)	1620	1620	232	1480	1250
	1880	1780	1730	1710	1720	1720	1690	1530
	4730	4760	4410	4640	4600	4680	2050	1850
6	5360	4890	4740	4750	4840	4940	2230	2220
	5420	4920	4730	4760	4830	4960	2270	2210
	5410	4950	4750	4780	4860	4970	2260	2220
4	5380	4900	4770	4760	4850	4950	2200	2160
	2190	2010	1820	1920	1940	1960	2040	1850
	5020	4800	4700	4710	4770	4820	2030	1900
	4610	4760	4030	4650	1790	282	2160	1560
2	5170	4770	4650	4680	4780	4890	2200	2140
	5080	4740	4600	4580	4650	4820	2180	2130
	4890	4630	4510	4500	4550	4720	2050	2070
	4560	4390	4320	4330	4390	4460	1710	1570
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

Altura do plano de referência

Iluminância média

Iluminância mínima

Iluminância máxima

Uniformidade U_o

Uniformidade U_d

Data, Hora

: 0.75 m

Em : 3520 lx

E_{min} : 218 lx

E_{max} : 5460 lx

E_{min}/E_m : 1 : 16.18 (0.06)

E_{min}/E_{max} : 1 : 25.10 (0.04)

: 09.04. 08:00 (WOZ 06:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	14800	14900	15000	15200	15300	15400	15500	2160
[m]	15000	15200	15400	15500	15800	16000	16200	16300
14	15200	15300	15500	15700	16000	16200	16500	16600
	15200	15400	15500	15800	16000	16300	16700	16600
	15300	15400	15600	15800	16100	16400	16700	16700
12	2210	2390	640	2800	2720	14700	16600	2460
	15400	15500	15700	15900	3060	3200	3230	3060
	15400	15500	15500	15900	16000	16300	16500	16100
	15400	15500	15700	16000	16200	16500	16800	16800
10	15400	15500	15600	16000	16200	16500	16800	16800
	15300	15500	15700	15900	16200	16500	16800	16800
	2280	15400	15600	15800	16100	16400	16600	16700
	2170	2320	2300	2590	2710	2810	16100	16100
8	2170	2250	2360	2470	2550	2580	2500	2300
	15100	15400	427	2500	2590	(254)	2460	2090
	15300	15400	15600	15700	15900	16000	16000	2710
	15300	15500	15300	15900	15900	16200	16600	16200
6	15400	15500	15700	16000	16200	16500	16800	[16900]
	15400	15500	15700	15900	16200	16500	16800	16800
	15400	15500	15700	15900	16200	16500	16800	16800
4	2340	2450	2640	2840	16100	16400	16600	16600
	15400	15500	15600	15900	3010	3130	3260	2990
	15300	15500	15700	15900	16100	16300	16500	16400
	15100	15400	14900	15800	16000	567	16700	2800
2	15200	15300	15500	15800	16100	16400	16700	16700
	15100	15200	15400	15500	15700	16200	16600	16600
	1900	15000	15200	15400	15600	16000	16300	16500
	1580	1700	1830	1990	2180	2370	2570	2400
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	[m]

Altura do plano de referência

		: 0.75 m
Iluminância média	Em	: 12700 lx
Iluminância mínima	Emin	: 254 lx
Iluminância máxima	Emax	: 16900 lx
Uniformidade U _o	Emin/Em	: 1 : 50.24 (0.02)
Uniformidade U _d	Emin/Emax	: 1 : 66.40 (0.02)
Data, Hora		: 09.04. 09:00 (WOZ 07:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1760	1910	2100	2420	24900	25200	25500	25300
[m]	1930	2130	2370	2700	25300	25800	26200	26500
14	2030	2200	2470	2820	25500	26000	26500	26900
	2070	2280	2440	2860	25500	26100	26600	26900
	2130	2340	2600	2930	25500	26000	26600	26900
12	2130	2390	623	3000	3130	1620	4070	3010
	2270	2480	2750	3070	25700	26000	26200	3830
	2230	2450	2460	3100	25500	26100	26600	26200
	2210	2430	2730	3090	25800	26300	26800	[27100]
10	2190	2410	2600	3040	25700	26200	26800	[27100]
	2200	2400	2620	2940	25600	26100	26700	27000
	2210	2360	2580	2860	3170	3600	26300	26800
8	2160	2350	2400	2740	2920	3060	3400	3540
	2170	2310	2510	2730	2890	2990	2930	2720
	2020	2360	500	2790	25300	(238)	3110	2640
	2220	2400	2660	2940	25500	25800	26100	25900
6	2180	2420	2210	3050	25300	25900	26600	26200
	2220	2430	2690	3050	25700	26200	26700	[27100]
	2220	2390	2590	2990	25600	26200	26700	27000
4	2180	2400	2610	2970	3360	26100	26600	27000
	2200	2370	2650	2960	25500	3690	4040	26600
	2160	2380	2550	2980	25600	25900	26200	3710
	2090	2310	2580	2940	25600	26000	26500	26600
2	1860	2170	1790	2820	25400	23100	26600	26000
	1850	2060	2320	2710	25400	25900	26600	26800
	1750	1940	2170	2390	2670	25600	26400	26700
	1610	1770	1970	2210	2460	3040	25800	26400
	1410	1550	1710	1910	2130	2390	2680	2630
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5 [m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 11200 lx
Iluminância mínima	Emin : 238 lx
Iluminância máxima	Emax : 27100 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 47.25 (0.02)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 113.95 (0.01)
Data, Hora	: 09.04. 10:00 (WOZ 08:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1450	1590	1750	2080	2330	2820	33000	33200
[m]	1600	1770	1990	2300	2660	3200	33600	34300
14	1670	1830	2070	2390	2770	3360	33800	34600
	1710	1900	2060	2430	2830	3340	33900	34500
	1760	1960	2200	2520	2870	3380	4030	34500
12	1760	2010	535	2600	2830	1350	3860	3110
	1880	2080	2330	2640	3050	3520	33700	33900
	1850	2050	2030	2650	2840	3520	33900	33900
	1840	2030	2290	2620	3030	3620	34100	[34800]
10	1830	2020	2170	2570	2940	3550	34000	34700
	1850	2030	2230	2520	2880	3390	33900	34600
	1870	2020	2230	2500	2770	3170	3690	34200
	1830	2020	2090	2450	2660	2820	3160	3290
8	1830	1970	2190	2430	2650	2880	2910	2720
	1700	2000	395	2450	2740	(211)	33000	2870
	1850	2020	2260	2530	2860	3310	33500	33800
	1820	2030	1840	2600	2720	3300	33900	33800
6	1830	2030	2250	2580	2980	3550	34000	34700
	1820	1980	2150	2530	2840	3500	34000	34600
	1780	1990	2190	2530	2900	3380	4030	34500
4	1800	1960	2220	2530	2880	3380	3820	4200
	1760	1960	2110	2520	2890	3330	33700	33700
	1690	1880	2120	2450	2850	3380	33800	34300
	1500	1760	1420	2320	2660	868	33900	33800
2	1490	1660	1880	2200	2610	3190	33800	34400
	1430	1580	1770	1970	2180	2850	33500	34200
	1330	1470	1640	1830	1990	2480	3110	33700
	1170	1290	1440	1600	1810	2060	2370	2420
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 8140 lx
Iluminância mínima	Emin : 211 lx
Iluminância máxima	Emax : 34800 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 38.56 (0.03)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 164.62 (0.01)
Data, Hora	: 09.04. 11:00 (WOZ 09:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	1250	1380	1490	1770	1960	2320	2760	38200
[m]	1390	1540	1720	1970	2240	2650	3170	39100
14	1450	1600	1800	2070	2350	2790	3400	39300
	1490	1660	1810	2120	2430	2810	3450	39300
	1540	1720	1930	2210	2510	2920	3440	4140
12	1560	1780	471	2290	2500	1120	3430	38100
	1680	1850	2070	2340	2670	3060	3510	39000
	1650	1840	1820	2340	2510	2980	3610	38800
	1650	1820	2050	2320	2630	3080	3680	[39600]
10	1640	1820	1950	2290	2570	3010	3630	39500
	1670	1840	2020	2280	2550	2940	3480	39300
	1690	1840	2030	2280	2510	2840	3220	3820
	1650	1840	1910	2240	2430	2600	2920	3000
8	1650	1790	1990	2210	2410	2650	2770	2690
	1540	1810	283	2200	2450	(189)	2950	38000
	1670	1820	2030	2260	2520	2870	3280	38800
	1640	1840	1680	2310	2420	2780	3530	38700
6	1650	1820	2020	2290	2590	3020	3620	[39600]
	1620	1770	1930	2240	2480	2990	3580	39400
	1590	1780	1950	2240	2540	2940	3460	4170
4	1610	1760	1980	2240	2540	2950	3390	38900
	1580	1760	1870	2230	2520	2870	3420	38900
	1520	1690	1890	2160	2480	2880	3470	39200
	1360	1590	1250	2050	2300	583	3490	38800
2	1370	1520	1700	1960	2270	2680	3380	39300
	1320	1460	1630	1810	1950	2430	3120	39000
	1240	1370	1520	1700	1810	2210	2700	3370
	1100	1220	1350	1510	1690	1900	2170	2250
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

: 0.75 m

Iluminância média

Em : 5670 lx

Iluminância mínima

Emin : 189 lx

Iluminância máxima

Emax : 39600 lx

Uniformidade Uo

Emin/Em : 1 : 30.01 (0.03)

Uniformidade Ud

Emin/Emax : 1 : 209.40 (0.00)

Data, Hora

: 09.04. 12:00 (WOZ 10:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	957	1050	1120	1320	1440	1670	1930	2160
[m]	1070	1180	1310	1480	1670	1920	2260	2810
14	1120	1230	1360	1560	1750	2050	2460	3060
	1130	1260	1370	1590	1810	2080	2520	3000
	1180	1320	1470	1670	1880	2170	2540	3030
12	1210	1370	365	1740	1890	848	2560	2370
	1300	1430	1590	1790	2020	2280	2590	2920
	1280	1420	1410	1780	1910	2200	2630	2690
	1270	1400	1570	1760	1980	2290	2670	[3240]
10	1270	1400	1490	1740	1950	2240	2650	3190
	1300	1420	1560	1750	1940	2220	2580	3060
	1310	1430	1570	1760	1930	2170	2440	2840
	1280	1420	1460	1720	1860	1980	2240	2300
8	1270	1370	1520	1680	1820	1990	2090	2070
	1190	1390	204	1670	1840	(176)	2150	2150
	1290	1400	1550	1710	1880	2100	2340	2630
6	1270	1420	1300	1750	1820	2020	2530	2590
	1270	1400	1530	1730	1930	2220	2610	3210
	1250	1360	1460	1690	1850	2200	2600	3080
	1230	1370	1480	1690	1910	2180	2550	3040
4	1250	1360	1530	1710	1910	2200	2520	2890
	1250	1380	1450	1710	1910	2140	2520	2790
	1200	1330	1470	1660	1880	2140	2530	2960
2	1080	1250	969	1580	1750	388	2560	2700
	1090	1210	1350	1530	1750	2030	2510	3060
	1070	1180	1310	1450	1550	1890	2370	2880
	1020	1120	1240	1380	1450	1770	2130	2610
	902	1000	1110	1230	1380	1550	1770	1850
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m	: 1790 lx
Iluminância mínima	Emin	: 176 lx	
Iluminância máxima	Emax	: 3240 lx	
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 1 : 10.17 (0.10)	
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 18.35 (0.05)	
Data, Hora		: 09.04. 13:00 (WOZ 11:29)	

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	805	879	932	1080	1150	1290	1450	1540
[m]	903	991	1090	1210	1330	1490	1690	2010
14	940	1030	1130	1270	1390	1580	1840	2190
	951	1050	1130	1290	1440	1610	1900	2190
	989	1090	1200	1340	1490	1690	1930	2230
12	1020	1140	306	1410	1510	668	1950	1770
	1100	1200	1310	1450	1610	1780	1970	2150
	1080	1190	1170	1450	1520	1700	1980	1960
	1070	1160	1290	1420	1560	1750	1990	2290
10	1060	1170	1230	1410	1540	1720	1980	2280
	1090	1190	1280	1420	1550	1730	1960	2240
	1110	1200	1300	1430	1550	1700	1880	2120
	1080	1190	1210	1400	1480	1560	1740	1760
8	1070	1150	1250	1360	1450	1560	1620	1580
	1000	1160	155	1350	1460	173	1630	1580
	1090	1180	1290	1390	1500	1630	1760	1880
	1080	1190	1090	1430	1460	1560	1900	1870
6	1080	1180	1270	1410	1540	1720	1950	[2300]
	1060	1140	1220	1380	1480	1700	1960	2240
	1040	1150	1230	1380	1520	1700	1940	2230
4	1070	1150	1280	1400	1540	1730	1930	2160
	1070	1170	1220	1410	1530	1680	1930	2070
	1030	1130	1240	1370	1520	1680	1930	2160
	931	1070	808	1310	1420	280	1930	1960
2	943	1030	1140	1270	1430	1610	1900	2210
	930	1020	1120	1220	1290	1510	1840	2140
	890	975	1070	1170	1220	1440	1680	1980
	789	871	954	1050	1160	1280	1430	1470
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m
Iluminância mínima	Emin	: 1420 lx
Iluminância máxima	Emax	: 156 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 2300 lx
Uniformidade Ud	Emin/Em	: 1 : 9.13 (0.11)
Data, Hora	Emin/Emax	: 1 : 14.77 (0.07)
		: 09.04. 14:00 (WOZ 12:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	689	746	780	883	923	1010	1110	1130
[m]	778	845	913	999	1080	1180	1310	1520
14	807	874	944	1050	1130	1260	1440	1670
	814	888	944	1060	1160	1280	1490	1680
	847	928	1010	1110	1210	1350	1520	1730
12	873	974	265	1170	1220	565	1550	1390
	948	1020	1110	1200	1310	1430	1560	1680
	932	1010	987	1200	1240	1360	1560	1510
	916	986	1080	1170	1260	1400	1560	1750
10	915	992	1030	1160	1250	1380	1560	[1760]
	945	1010	1080	1180	1270	1400	1570	[1760]
	965	1030	1100	1200	1280	1390	1520	1690
	937	1020	1010	1170	1210	1260	1410	1410
8	922	977	1060	1130	1180	1250	1280	1250
	863	989	(129)	1120	1180	174	1260	1200
	948	1010	1080	1150	1210	1290	1360	1400
	942	1030	929	1190	1190	1240	1470	1420
6	940	1010	1080	1170	1250	1370	1520	1750
	920	980	1030	1140	1210	1360	1540	1720
	909	992	1040	1150	1240	1370	1540	1730
4	943	1000	1090	1180	1270	1400	1550	1690
	949	1020	1040	1200	1270	1370	1540	1600
	914	991	1070	1160	1260	1380	1530	1660
	823	934	684	1110	1180	223	1530	1480
2	838	909	986	1080	1190	1320	1530	1730
	833	905	977	1050	1100	1260	1510	1710
	803	871	941	1010	1050	1220	1410	1620
	713	780	844	918	1000	1100	1220	1240
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5 [m]

Altura do plano de referência

Iluminância média

Iluminância mínima

Iluminância máxima

Uniformidade U_o

Uniformidade U_d

Data, Hora

: 0.75 m

Em : 1160 lx

E_{min} : 129 lx

E_{max} : 1760 lx

E_{min}/E_m : 1 : 9.03 (0.11)

E_{min}/E_{max} : 1 : 13.67 (0.07)

: 09.04. 15:00 (WOZ 13:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	575	615	636	712	736	799	864	864
14	652	700	747	811	870	946	1050	1190
	673	721	770	847	912	1010	1160	1340
	674	726	764	855	929	1030	1200	1340
	702	761	818	893	973	1090	1230	1400
12	729	804	226	950	981	499	1260	1100
	799	853	912	984	1070	1160	1260	1350
	784	842	812	978	1000	1100	1250	1200
	769	817	887	952	1020	1130	1250	1390
10	770	826	851	950	1020	1120	1270	1410
	802	850	896	977	1040	1150	1290	[1430]
	823	870	919	993	1060	1150	1260	1400
	796	853	832	963	992	1040	1170	1150
8	779	815	873	924	966	1020	1040	1010
	726	826	(116)	914	962	176	1010	934
	805	847	903	952	994	1050	1090	1090
6	803	866	780	986	980	1020	1200	1140
	802	853	900	974	1040	1130	1260	1420
	784	825	862	953	1000	1130	1280	1410
	776	839	869	962	1040	1140	1280	[1430]
4	811	856	925	996	1070	1180	1300	1410
	821	877	884	1010	1070	1150	1290	1310
	790	848	908	983	1060	1150	1270	1350
	707	795	561	930	982	192	1270	1170
2	724	777	836	914	1000	1110	1270	1420
	725	780	834	891	938	1070	1270	1420
	703	755	808	862	887	1040	1200	1360
	625	676	726	784	856	936	1040	1060
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 962 lx
Iluminância mínima	Emin : 116 lx
Iluminância máxima	Emax : 1430 lx
Uniformidade U _o	Emin/Em : 1 : 8.32 (0.12)
Uniformidade U _d	Emin/Emax : 1 : 12.36 (0.08)
Data, Hora	: 09.04. 16:00 (WOZ 14:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	485	515	530	593	611	663	714	700
[m]	554	590	627	681	732	798	885	998
14	570	605	645	711	770	861	988	1130
	567	605	636	714	780	881	1030	1130
	590	635	682	747	820	925	1060	1190
12	615	675	195	800	824	455	1080	928
	681	721	769	833	911	990	1080	1140
	665	709	681	826	847	941	1070	1010
	650	685	745	801	867	966	1070	1170
10	653	696	716	802	869	964	1090	1210
	686	721	759	831	890	996	1120	[1230]
	708	743	782	848	910	997	1100	1220
	682	725	699	819	844	895	1010	998
8	662	687	735	780	818	867	889	860
	615	697	(108)	769	812	170	848	771
	689	720	766	808	846	890	922	904
	692	739	666	843	836	883	1030	974
6	689	727	767	833	892	980	1090	1220
	671	701	732	812	860	977	1110	1220
	664	714	737	820	890	989	1120	[1230]
4	699	732	791	854	924	1020	1130	1220
	711	753	755	871	917	997	1120	1110
	680	726	775	842	913	993	1090	1140
	602	675	459	790	833	174	1090	963
2	619	660	709	778	858	956	1090	1210
	627	667	711	759	810	929	1100	1220
	613	650	691	736	758	901	1040	1180
	541	580	619	669	733	806	899	918
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média

Iluminância mínima

Iluminância máxima

Uniformidade U_o

Uniformidade U_d

Data, Hora

: 0.75 m

Em : 820 lx

Emin : 108 lx

Emax : 1230 lx

Emin/Em : 1 : 7.59 (0.13)

Emin/Emax : 1 : 11.38 (0.09)

: 09.04. 17:00 (WOZ 15:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	422	445	459	513	530	575	617	595
[m]	483	513	544	594	642	700	776	864
14	495	523	559	619	675	757	870	985
	488	520	548	618	680	774	902	977
	508	545	587	646	714	810	925	1030
12	532	582	168	695	716	406	947	799
	591	624	666	725	798	867	946	989
	573	609	585	715	735	826	934	871
	556	584	637	689	751	841	934	1010
10	558	593	612	689	752	841	954	1040
	591	619	652	718	775	872	983	[1070]
	613	639	674	734	792	872	967	1060
	585	620	597	704	728	777	881	869
8	563	582	624	663	699	743	762	734
	520	589	(99)	653	693	151	721	647
	588	612	652	691	727	766	793	766
	592	631	571	725	719	772	896	839
6	588	619	653	713	770	849	946	1050
	569	592	619	690	736	843	960	1040
	563	603	623	696	761	851	962	1050
4	595	620	671	728	792	878	973	1040
	608	640	643	745	787	859	960	946
	577	614	656	716	781	852	933	965
	506	565	375	667	705	155	929	802
2	522	554	595	657	730	819	939	1030
	534	565	601	643	695	804	947	1050
	525	553	586	626	648	775	897	1010
	461	491	523	566	623	687	769	784
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

	: 0.75 m
Iluminância média	Em : 705 lx
Iluminância mínima	Emin : 99 lx
Iluminância máxima	Emax : 1070 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em : 1 : 7.15 (0.14)
Uniformidade Ud	Emin/Emax : 1 : 10.83 (0.09)
Data, Hora	: 09.04. 18:00 (WOZ 16:29)

Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)

	381	402	414	459	472	506	537	511
	438	465	490	532	571	615	672	733
14	445	471	501	550	595	659	744	825
	434	463	486	543	593	665	763	813
	450	482	518	566	619	693	780	854
12	473	518	142	611	625	332	801	669
	526	555	589	638	696	746	804	826
	507	538	516	626	640	707	792	733
	486	512	555	597	648	717	788	837
10	487	517	534	597	647	716	803	863
	519	544	572	625	671	745	831	890
	539	563	591	641	686	747	819	889
	513	544	526	612	631	664	744	731
8	488	506	540	572	599	631	641	612
	452	511	(80)	563	594	114	610	543
	513	536	568	601	630	658	678	649
6	519	553	502	632	625	666	765	713
	512	539	568	617	664	725	799	872
	490	510	532	591	628	712	801	858
	483	518	536	595	646	716	801	864
4	515	537	578	625	676	741	812	860
	527	556	559	641	676	727	804	785
	498	530	564	613	665	719	780	796
	433	484	319	567	598	124	771	660
2	446	474	509	559	617	686	779	840
	460	489	518	552	593	678	790	860
	454	480	507	541	560	655	751	836
	397	424	450	485	529	577	639	645
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m
Iluminância mínima	Emin	: 605 lx
Iluminância máxima	Emax	: 80 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 890 lx
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 7.53 (0.13)
Data, Hora		: 1 : 11.09 (0.09)
		: 09.04. 19:00 (WOZ 17:29)

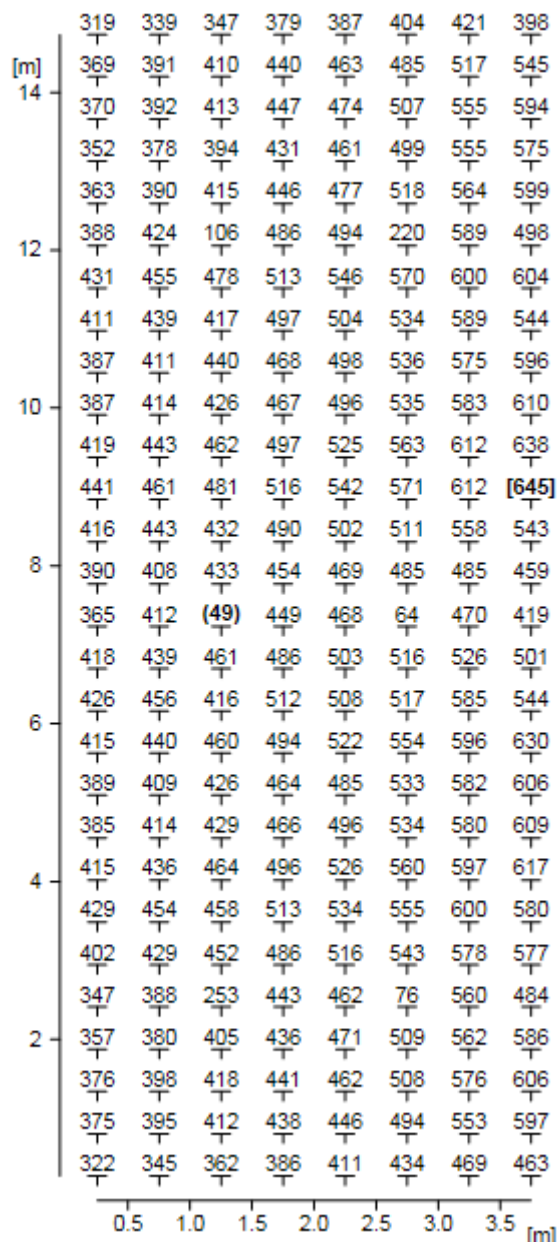
Objecto : Sala de aula
 Instalação : Iluminação
 Número do projecto: 1
 Data : 29.03.2018

RELUX®

Divisão 1

Resultados do cálculo, Divisão 1

Tabela, Plano de referência 1.1 (E)



Altura do plano de referência

Iluminância média	Em	: 0.75 m
Iluminância mínima	Emin	: 468 lx
Iluminância máxima	Emax	: 49 lx
Uniformidade Uo	Emin/Em	: 645 lx
Uniformidade Ud	Emin/Emax	: 1 : 9.57 (0.10)
Data, Hora		: 1 : 13.18 (0.08)
		: 09.04. 20:00 (WOZ 18:29)

ANEXO B: Código MATLAB

```

=====
%
%
%           Trabalho de Conclusão de Curso
%
%           Daniel Ricardo Pires
%
%           Curso: Engenharia Elétrica
%
=====
%
%           Harmônicos de tensões e correntes
%
%           Lâmpada LED Tubular T8
%
%           Lâmpada Fluorescente Tubular T8
%
=====
%
%
clc; close all; clear all;
%Carregando os dados em formato txt
%/%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//
A = load('tensao.txt');%dados de tensão das duas lâmpadas
B = load('led.txt');%dados de corrente da lâmpada led
C = load('fluorescente.txt');%dados de corrente da lâmpada fluorescente
D = load('tempotensao.txt');%tempo de análise do sinal
E = load('tempoled.txt');%tempo de análise do sinal
F = load('tempofluorescente.txt');%tempo de análise do sinal
%/%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//
%Cálculo
N=2500;% número de pontos amostrados
Fbin=0:1:N-2;
Ts=0.05;%período de amostragem
fs=50000;%frequência de amostragem
f=(Fbin.*(fs/N));
%Plotagem da forma de onda da tensão de ambas as lâmpadas
plot(D,A,'b')
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Tensão (V)');
title('Forma de onda da tensão de ambas as lâmpadas');
set(gca,'fontsize',20);
figure
%/%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//
%Plotagem da forma de onda da corrente da lâmpada led
plot(E,B,'r')
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Corrente (A)');
title('Forma de onda da corrente da lâmpada led tubular t8');
set(gca,'fontsize',20);
figure
%/%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
//
%Plotagem da forma de onda da corrente da lâmpada fluorescente
plot(F,C,'k')
xlabel('Tempo (s)');

```

