

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

EDVALDO CRUZ DA SILVA
ZENECIR SIMONETTO

**COMPARATIVO LUMINOSO E ENERGÉTICO DE LÂMPADAS
INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LED, COM A ANÁLISE DE
UM AMBIENTE ATRAVÉS DA MODIFICAÇÃO DAS CORES DO TETO
PAREDE E PISO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

EDVALDO CRUZ DA SILVA
ZENECIR SIMONETTO

**COMPARATIVO LUMINOSO E ENERGÉTICO DE LÂMPADAS
INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LED, COM A ANÁLISE DE
UM AMBIENTE ATRAVÉS DA MODIFICAÇÃO DAS CORES DO TETO
PAREDE E PISO.**

Projeto de Pesquisa apresentado como
requisito final para a conclusão do Curso
de Tecnologia em Manutenção Industrial
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná Campus Medianeira.
Orientador: Professor Me. Paulo Roberto
Dulnik

MEDIANEIRA
2017



TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARATIVO LUMINOSO E ENERGÉTICO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES, FLUORESCENTES E LED, COM A ANÁLISE DE UM AMBIENTE ATRAVÉS DA MODIFICAÇÃO DAS CORES DO TETO PAREDE E PISO.

Por:
EDVALDO CRUZ DA SILVA
ZENECIR SIMONETTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 20h30min do dia 19 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Ivan Werncke
Convidado Externo

Prof. Me. Anderson Miguel Lenz
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Yuri Ferruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Yuri Ferruzzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Este Trabalho é dedicado às nossas famílias que sempre acreditaram na nossa capacidade técnica e a todos aqueles que de certa maneira fizeram parte desta conquista, facilitando nossa jornada através de apoio técnico, emocional e social.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus em sua plenitude, onipotência, onipresença e onisciência por proporcionar a oportunidade de agregar conhecimento em nossas vidas através dos estudos.

As nossas esposas que nos auxiliaram e nos incentivaram, para que pudéssemos concluir essa jornada.

A universidade, seu corpo docente, direção e administração que realizarão suas funções objetivando a formação e a aquisição do conhecimento de todos.

Aos professores que emprestaram seu tempo e conhecimento para nos ensinar, tornando-os facilitador da informação.

Ao nosso Orientador Professor Me. Paulo Roberto Dulnik por ajudar, incentivar e participar na elaboração deste trabalho, trazendo todo apoio técnico necessário.

Aos amigos que nos acompanharam no decorrer curso. Aos que iniciaram aos que encontramos no caminho, aos que ficaram para trás, aos que desistiram. A todos com sua devida importância.

Os raios de luz não são coloridos, neles nada mais existe do que energia para despertar no observador uma sensação de cores. (Isaac Newton 1672)

RESUMO

Referência: SILVA, EDVALDO CRUZ DA; SIMONETTO, ZENECIR; **Comparativo Luminoso e Energético de Lâmpadas Incandescentes, Fluorescentes e LED, com a Análise de um Ambiente Através da Modificação das Cores do Teto Parede e Piso**. 2017. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Tecnologia de Manutenção Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

Por vários anos o homem vem buscando desempenhar diversos tipos de trabalho com o mínimo de energia possível. O objetivo desse trabalho é colaborar com a busca dessa eficiência, aumentando o portfólio de dados técnicos sobre as lâmpadas e seu comportamento em determinados recintos. O programa de educação se dará através da confecção de um armário luminotécnico com paredes internas removíveis para alteração das cores internas do teto, parede e piso, verificando a eficiência do recinto. Em seguida foram analisados três tipos de lâmpadas diferentes, com a mesma potência elétrica, verificando a eficiência luminosa das lâmpadas e comparando com o memorial de cálculo fornecido por um algoritmo estruturado desenvolvido para cálculos de eficiência luminosa e custos da instalação. Logo após foi analisado a temperatura de cor de dois conjuntos, verificando a alteração do Índice de Reprodução da Cor (IRC) dos objetos fotografados internamente ao armário e finalizando com os testes de direção do fluxo luminoso, verificando a proporção de luz que alcançará o instrumento para cada tipo testado. Os conceitos utilizados abordam grandezas como lumens, lux, luminância, iluminância, refletância, etc. Coletamos os dados usando um luxímetro instalado na base central do interior do armário, conectado ao computador através de um cabo de comunicação USB e realizamos a análise estatística dos dados coletados através de gráficos e cálculos. Espera-se com estes testes fazer com que a sociedade aprenda técnicas de iluminação, por meio de demonstrações públicas em feiras, congressos e exposições, e que se for de interesse da universidade ficará de recompensa como material de apoio para alunos, professores e futuras pesquisas para aprendizado das técnicas de iluminação e afins.

Palavras-chave: Lumens. Lux. Lâmpada. Eficiência luminosa. Luxímetro. VisualG.

ABSTRACT

Reference: SILVA, EDVALDO CRUZ DA; SIMONETTO, ZENECIR; **Lighting and Energy Comparison of Incandescent, Fluorescent and LED Lamps, With the Analysis of an Environment Through the Modification of the Colors of the Ceiling Wall and Floor**. 2017. 96 f. Completion of a Higher Course in Industrial Maintenance Technology - Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2017.

For several years man has been seeking to perform various types of work with as little energy as possible. The objective of this work is to collaborate with the search for this efficiency, increasing the portfolio of technical data about the lamps and their behavior in certain enclosures. The education program is managed by means of a luminaire cabinet with removable internal walls to alter the internal cores of the ceiling, wall and floor, verifying the efficiency of the enclosure. In all types of different lamps, with the same electrical power, checking a luminous efficiency of the lamps and comparing with the calculation memorial provided by a structured algorithm developed for energy calculations and installation cost. Afterwards, the color temperature of two sets was analyzed, verifying an alteration of the Color Reproduction Index (IRC) of the objects photographed internally in the cabinet and ending with the tests of direction of the luminous flux, verifying a proportion of light within reach of the instrument For each type tested. The concepts used deal with magnitudes such as lumens, lux, luminance, illuminance, reflectance, etc. We collected the data using a luxmeter installed in the central base of the cabinet interior, connected to the computer through the USB communication cable and performed the statistical analysis of data Collected through graphs and calculations. It is hoped with these tests to the society to learn lighting techniques, through public demonstrations in fairs, congresses and exhibitions, and to know the interest of the university will be rewarded as a support material for students, teachers and future research For learning Lighting techniques and the like.

Keywords: Lumens. Lux. Lamp. Light efficiency. Luximeter. VisualG.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro de Maxwel	19
Figura 2 Esquema do olho humano	20
Figura 3 Curva de sensibilidade do olho	21
Figura 4 Cone de Munsell	22
Figura 5 Ângulo sólido	23
Figura 6 Processo Aditivo.	26
Figura 7 Processo subtrativo.....	26
Figura 8 Temperatura de Cor	27
Figura 9 Tipos de Iluminação	28
Figura 10 Esfera Integradora	29
Figura 11 Fonte limitadora de corrente usada na maioria das lâmpadas de LED.....	30
Figura 12 Relação lúmen lux.....	34
Figura 13 Dimensões do teto, paredes e piso do armário luminotécnico.....	34
Figura 14 Vista plana do teto, paredes e piso do armário luminotécnico	35
Figura 15 Vista explodida do armário luminotécnico	35
Figura 16 Armário luminotécnico, parte externa, finalizado	36
Figura 17 Lâmpadas utilizadas no teste de eficiência do recinto	39
Figura 18 Cores utilizadas no teste de eficiência do recinto	40
Figura 19 Lâmpadas utilizadas no teste de eficiência elétrica	41
Figura 20 Aparência do programa VisualG	43
Figura 21 Aparência inicial do algoritmo VisualG	43
Figura 22 Aparência inicial do algoritmo VisualG	44
Figura 23 Lâmpadas utilizadas para o teste de temperatura da cor	49
Figura 24 Plafons utilizados no teste de iluminação direta, semidireta, difusa e indireta.....	49
Figura 25 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada Incandescente	63
Figura 26 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada Fluorescente.....	63
Figura 27 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada de Led	63
Figura 28 IRC de lâmpada fluorescente compacta 25W	65
Figura 29 IRC de lâmpada de LED 11W	65
Figura 30 Tipos de Iluminação	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Sequência de cores testadas.	40
Tabela 2 Refletâncias das diversas cores	45
Tabela 3 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada Incandescente...51	
Tabela 4 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada Fluorescente	52
Tabela 5 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada de LED	53
Tabela 6 Dados estatísticos usando lâmpada incandescente bulbo 100W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 25W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 16W. Todas de 1600 Lumens.	55
Tabela 7 Dados coletados usando lâmpada incandescente bulbo 15W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 15W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 15W	60
Tabela 8 Dados estatísticos usando lâmpada incandescente bulbo 15W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 15W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 15W	60
Tabela 9 Dados coletados usando lâmpada fluorescente compacta 3U, 25W, 2700K e 6400K 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 11W, 3000K, 4000K e 6500K.	66
Tabela 10 Dados estatísticos usando lâmpada fluorescente compacta 3U, 25W, 2700K e 6400K 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 11W, 3000K, 4000K e 6500K	67
Tabela 11 Dados coletados usando Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa	71
Tabela 12 Dados estatísticos	71

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Intensidade luminosa com medição crescente.....	56
Gráfico 2 Percentual de perda luminosa com medição crescente	56
Gráfico 3 Intensidade luminosa com medição crescente.....	57
Gráfico 4 Percentual de perda luminosa com medição crescente	57
Gráfico 5 Intensidade luminosa com medição crescente.....	58
Gráfico 6 Percentual de perda luminosa com medição crescente	58
Gráfico 7 Fluxo luminoso dos testes de eficiência	61
Gráfico 8 Fluxo luminoso das lâmpadas testadas	62
Gráfico 9 Percentual de perda luminosa no decorrer dos testes	62
Gráfico 10 Fluxo luminoso 3000, 4000 e 6500K LED	67
Gráfico 11 Fluxo luminoso 2700 e 6400K Fluorescente	68
Gráfico 12 Percentual de perda luminosa Fluorescente e LED	68
Gráfico 13 Fluxo luminoso dos tipos de iluminação.....	72
Gráfico 14 Percentual de perda dos tipos de iluminação.....	72

LISTA SIGLAS

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
NBR	Norma Brasileira
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Porta Universal)
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (Madeira de Média Densidade)
RGB	<i>Red</i> (vermelho); <i>Green</i> (verde); <i>Blue</i> (azul)
CIE	International Commission on Illumination. (Comissão Internacional de Iluminação)
K	Kelvin
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória Primária)
W	Watt
V	Volt
IRC	Índice de Reflexão de Cor
BITs	<i>Binary Digit</i> (Dígito Binário)

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	<i>Alternate Current</i> (Corrente Alternada)
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua)
CD	<i>Compact Disc</i> (disco Compacto)
FU	Fator de Utilização

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 GERAL.....	18
2.2 ESPECÍFICO	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 LUZ.....	19
3.2 OLHO HUMANO	20
3.3 COR.....	21
3.4 FLUXO RADIANTE, FLUXO LUMINOSO E ÂNGULO SÓLIDO	22
3.5 INTENSIDADE LUMINOSA, ILUMINÂNCIA E LUMINÂNCIA.....	23
3.6 EFICIÊNCIA LUMINOSA	24
3.7 FATOR DE UTILIZAÇÃO (FU).....	24
3.8 NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA 8995-1.....	24
3.9 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DAS CORES (IRC)	25
3.10 REFLETÂNCIA	26
3.11 TEMPERATURA DE COR	27
3.12 TIPOS DE ILUMINAÇÃO	27
3.13 FOTOMETRIA E ESFERA INTEGRADORA	28
3.14 TIPOS DE LÂMPADAS	29
3.15 VISUALG	30
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 MATERIAIS.....	32
4.1.1 Para os Testes de Uso Geral	32
4.1.2 Para os Testes de Eficiência da Cor	32
4.1.3 Para os Testes de Eficiência Luminosa.....	32
4.1.4 Para os Testes de Temperatura de Cor	33
4.1.5 Para os Testes de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa	33
4.2 MÉTODOS.....	33
4.2.1 Construção do Armário Luminotécnico.....	33
4.2.2 Luxímetro: Instalação, Configuração e Comunicação.....	36
4.2.2.1 Instalação do Software do Luxímetro	37
4.2.2.2 Configuração do Software do Luxímetro no Computador	37
4.2.2.3 Comunicação do Luxímetro com o Computador.....	38
4.2.3 Ensaio Luminotécnicos.....	38
4.2.3.1 Teste de Eficiência da Cor	39
4.2.3.2 Teste de Eficiência Luminosa.....	40
4.2.3.2.1 Teste no Algoritmo para Cálculo de Eficiência Luminosa	41
4.2.3.2.2 Uso do Algoritmo para Memorial de Cálculo.....	43
4.2.3.3 Teste de Temperatura da Cor	48
4.2.3.4 Teste de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 TESTES DE EFICIÊNCIA DA COR.....	51
5.2 TESTES DE EFICIÊNCIA LUMINOSA.....	59
5.3 TESTES DE TEMPERATURA DA COR.....	65
5.4 TESTES DE ILUMINAÇÃO DIRETA, SEMIDIRETA, INDIRETA E DIFUSA.	69
6 CONCLUSÃO	73

REFERÊNCIAS	74
ANEXOS.....	76
ANEXO A – Certificado de calibração do luxímetro.....	77
ANEXO B – Instalação do Software do Luxímetro	78
ANEXO C - Configuração do Driver do Luxímetro.....	81
ANEXO D – Configuração do Luxímetro no Computador	88
ANEXO E – Algoritmo Estruturado Para Calculo Luminotécnico Usando Método dos Lumens.	89
ANEXO F – Comparativo de Imagens com Diversas Temperaturas de Cores	95

1 INTRODUÇÃO

A eficiência elétrica é um termo técnico bastante abordado na atualidade. Sabendo-se que, a matriz energética brasileira é composta na sua maior parte por energia hidroelétrica e que passa ano a ano por uma série de problemas climáticos, dentre os principais está à escassez de chuva em alguns períodos, ocasionando a falta de água nos principais reservatórios e a falta de investimento do setor de geração. Tais fatos, associados ao aumento da demanda de energia no país nos deixou apenas a possibilidade de economizar energia para que o sistema não entre em colapso. Mas alcançar essa eficiência elétrica não é fácil, exige uma série de regras e normas onde o principal objetivo é se enquadrar nos requisitos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

De forma geral, os fabricantes de lâmpadas vêm desenvolvendo tecnologias mais avançadas, como as Lâmpadas fluorescentes compactas e principalmente as lâmpadas de LED (Diodo Emissor de Luz). Com isso as pessoas vêm procurando esses produtos mais eficientes com o intuito de diminuir as despesas com energia elétrica de suas instalações sejam elas consumidores comerciais, residenciais ou mesmo industriais.

Diante dessas interpretações da situação energética e econômica associadas ao marketing ostensivo, a população tem mudado seu comportamento sobre reduções do consumo, agindo até de forma desenfreada ao substituir equipamentos e lâmpadas em bom estado de uso por novos equipamentos sem levar em conta a necessidade do momento e se verdadeiramente terão essa redução esperada. Portanto, buscou-se realizar uma série de leituras luminotécnicas com o propósito de responder ao seguinte problema de eficiência energética: Como a eficiência luminosa pode influenciar na eficiência energética e na eficiência do trabalho?

Com o intuito de mostrar uma aplicação prática envolvendo o tema da Luminotécnica, desenvolveu-se um algoritmo estruturado, utilizando-se do Método dos Lúmens, para calcular a quantidade de lâmpadas necessárias para determinado ambiente, conforme a norma NBR 8995/1.

Como princípio, toda Norma instituída, visa trazer aos seus utilizadores mais segurança e conforto. Assim, a NBR 8995/1, que trata sobre a iluminação interna, aborda temas não vistos em suas versões anteriores (NBR 5413 e NBR 5382), tais

como controle de ofuscamento, índice de reprodução da cor, iluminação de tarefas e critérios quantitativos e o atendimento aos níveis de iluminância recomendados. A nova NBR 8995/1 afirma a preocupação com que os ambientes estejam com seus aparelhos de iluminação adequados, no intuito de proteger a saúde.

Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se as pesquisas bibliográficas e as medições de iluminância simulando vários ambientes no armário, ora modificando as cores, ora modificando o tipo de lâmpada e até a direção do fluxo luminoso. A medição do iluminamento deu-se através de um luxímetro localizado no centro do “piso” do “Armário luminotécnico” e conectou-se via USB (*Universal Serial Bus*) a um *notebook* para a coleta das medições com o auxílio de um software.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Mostrar através de testes qual a interferência das cores na iluminação interna de um ambiente, utilizando-se de três tipos de lâmpadas para verificar características como o nível de iluminamento, eficiência das lâmpadas, eficiência do recinto, temperatura da cor e a direção ou tipo da iluminação.

2.2 ESPECÍFICO

Projetar e montar um armário de 1m³ com folhas de compensado de MDF (Fibras de Média Densidade). Instalar os fios do circuito elétrico da lâmpada no armário e instalar o cabo de comunicação do luxímetro ao computador.

Verificar o fluxo luminoso das lâmpadas testadas e seu percentual de perda, ao trocar as cores do teto, parede e piso, e medir a eficiência das cores do recinto.

Verificar a eficiência luminosa de três tipos de lâmpadas, lâmpada incandescente, lâmpada LED de bulbo e lâmpada fluorescente compacta, todas de mesma potência estabelecendo um comparativo entre as mesmas.

Desenvolver um algoritmo estruturado no Programa VisualG. Aplicar o Método dos Lúmens, utilizando as características do ambiente e verificando nos resultados dos cálculos a eficiência das lâmpadas.

Verificar e fotografar o iluminamento de lâmpadas com a mesma potência elétrica e luminosa, porém com temperaturas de cores diferentes, analisando e comparando as imagens fotografadas.

Medir o fluxo luminoso das lâmpadas que serão testadas modificando o tipo de iluminação. Direta, indireta, semidireta e difusa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para iluminar um ambiente, é necessário conhecer a luz e seus efeitos. Este trabalho envolve o estudo da Luz, da influência das cores do ambiente na iluminação e o comportamento de alguns tipos de lâmpadas, quando alteradas as características do ambiente relativas à cor, e um comparativo entre três tipos de lâmpadas quanto a sua eficiência luminosa. Para isso se faz necessário a revisão dos principais conceitos luminotécnicos, incluindo princípios das variações das cores, efeitos causados na visão das pessoas e até alguns conceitos que dizem respeito ao olho humano, pois é a partir dele que definimos as cores e suas variações, possibilitando a quem não teve contato técnico com a luz, lâmpadas e iluminação, compreender o trabalho desenvolvido.

3.1 LUZ

A luz ou radiação visível faz parte de um grupo de ondas eletromagnéticas, que contêm uma série de radiações diferentes entre si, denominadas de espectro eletromagnético. As ondas entre 380 e 760 nanômetros estimulam a retina do nosso olho, o que chamamos de espectro visível, onde se verifica que o olho humano não é sensível à todas as cores desse espectro. Segundo Nery (2012, p. 224) “Luz é um tipo de radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 400 e 700nm que possui a capacidade de produzir sensações visuais ao olho humano (...)” conforme Figura 1.

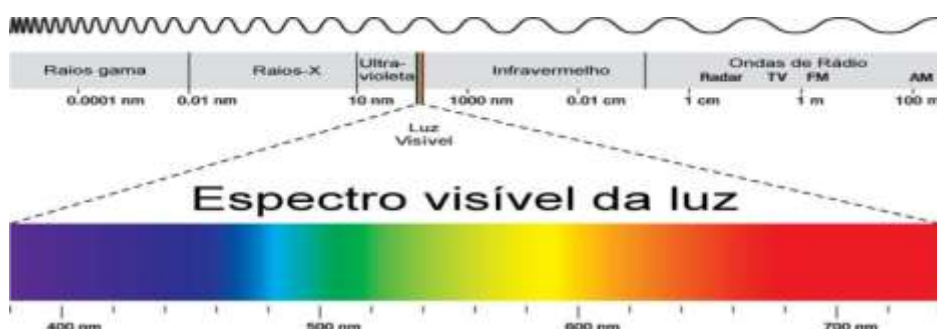


Figura 1 Espectro de Maxwell

Fonte: Google.com.br (Acessado em 04/06/17)

Cotrim (2009, p. 439) define "luz ou radiação visível como a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual".

Creder (2013, p. 161) "diz que a cor da luz é definida pelo comprimento da onda." A luz vermelha é a de maior comprimento de onda visível, entre 6400 a 7600 Angstroms. A luz violeta tem menor comprimento de onda visível do espectro, situada em 3800 a 4500 Angstroms. A luz amarela é a mais visível do espectro.

3.2 OLHO HUMANO

O olho humano é órgão usado para receber as sensações de cores e transmitir ao cérebro, através do nervo ótico, após o tratamento das cores realizado pelas das células cones e bastonetes. Sabe-se também que o olho humano tem o mesmo princípio de uma máquina fotográfica, onde a imagem captada no cristalino com sua curvatura é focalizada e projetada de forma inversa no fundo do olho, conforme a Figura 2. De acordo com Maurício Alves (2012, p. 258) "O olho humano é um mecanismo complexo desenvolvido para a percepção de luz e cor".

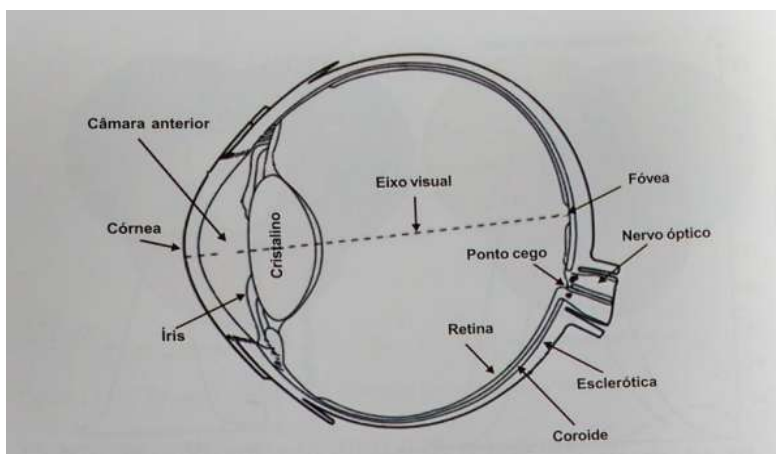


Figura 2 Esquema do olho humano

Fonte: Fundamentos do sensoriamento remoto p. 259

Conforme Mauricio Alves Moreira (2012, p. 258) "a córnea e a lente ocular formam uma lente composta, cuja função é focar os estímulos luminosos". Existem também em nosso olho dois tipos de células fotorreceptoras, os bastonetes que são capazes de assimilar imagens em baixa quantidade de luz, "são responsáveis pela

visão noturna” e os cones que são sensíveis às cores RGB (*red* (vermelho), *green* (verde), *blue* (azul)) e existem em uma quantidade que varia de 6 a 7 milhões. Sendo assim, constata-se que, a percepção das cores são uma média das três respostas, conforme a Figura 3.

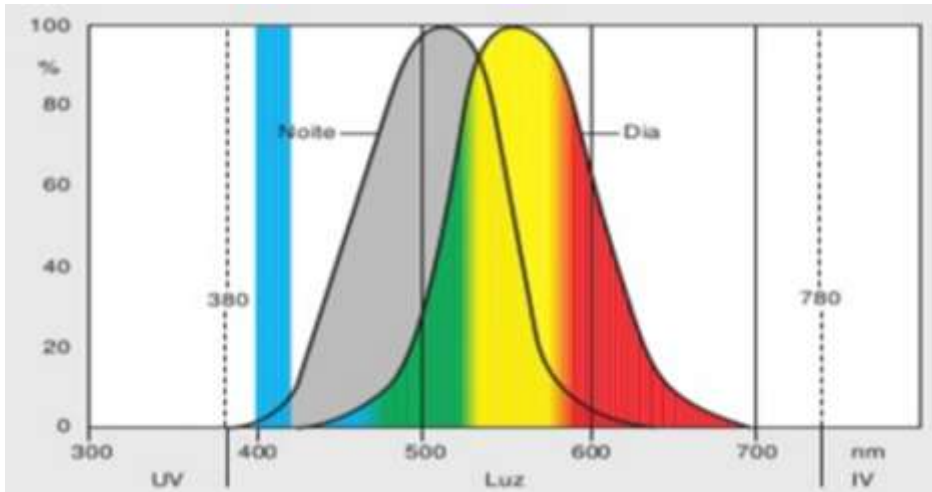


Figura 3 Curva de sensibilidade do olho

Fonte: Manual osram de Luminotécnica (acessado dia 04/06/17)

3.3 COR

O parâmetro que nos faz distinguir uma cor da outra é chamada de matiz. Saturação ou pureza é aquela que nos dá a sensação do colorido de um determinado matiz, e determina a relação espectral padrão que mais se assemelha. Se for uma cor pura, são consideradas 100%, mas à medida que se acrescenta o branco, a tendência é variar até 0%. Segundo Moreira (1999. p.6) “luminância subjetiva é o atributo que dá a luminosidade do objeto, podendo variar a sensação de cor do objeto”.

Um bom exemplo para entender essas sensações de cores é através da notação de Munsell, onde um cone é a forma mais comum de caracterizar essas cores, pois estabelece valores para as tonalidades, refletância e intensidade. Na Figura 4, o cone de cores referente ao sistema Munsell é demonstrado.

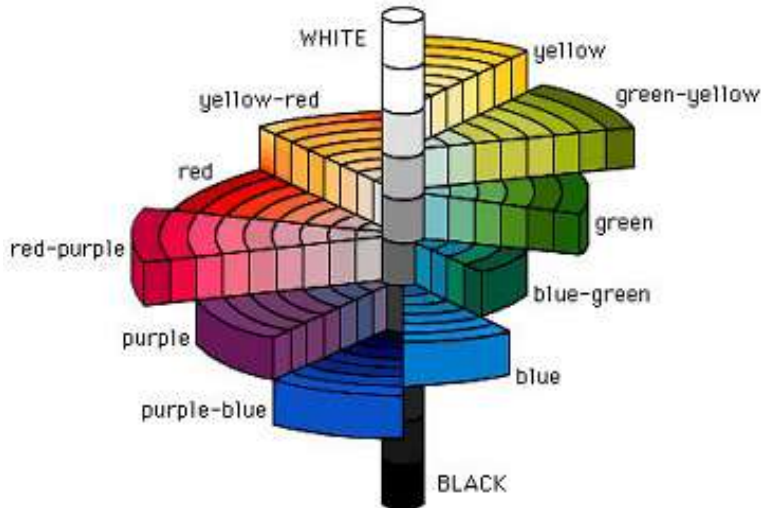


Figura 4 Cone de Munsell

Fonte: <http://robertswainnyc.com> (acesso dia 09/06/17)

3.4 FLUXO RADIANTE, FLUXO LUMINOSO E ÂNGULO SÓLIDO

Fluxo Radiante é a quantidade de energia transportada pela radiação.

O fluxo luminoso é uma das grandezas derivadas do fluxo radiante, cuja sensibilidade é definida pela curva de eficácia espectral, que se situa na faixa de 380 a 780nm. Segundo Cotrin (1992. p. 439) o fluxo luminoso “é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa”.

Cavalin (2011. P. 109) diz que toda fonte de luz capaz de estimular a retina ocular é denominada fluxo luminoso.

Sistema CIE de Tristímulo: a CIE (Comissão Internacional de Iluminação, 1931), decidiu exprimir todos os dados para a composição de cores em função de três componentes. Esses estímulos-padrão são na verdade cores reais, que carecem de importância, pois são calculadas matematicamente e não determinadas através de colorímetros. A esses estímulos, capazes de em conjunto produzir a sensação de cor considerada por um olho padrão internacional, deu-se o nome de tristímulo.. MOREIRA (1999 p. 6)

Segundo Nery (2012. p. 226). “lúmen são fluxos luminosos emitidos segundo um ângulo sólido por uma fonte luminosa puntiforme de intensidade constante em todas as direções.”

O fluxo luminoso, a refletância e a capacidade do observador de detectar e interpretar a composição da luz recebida pelos olhos são fatores que resultam na visão das cores.

O ângulo sólido, que é um conceito matemático, nem sempre é possível e fácil de visualização. Mauricio Alves Moreira (2011. p. 29) define como “um setor de uma esfera, definido pela razão entre o elemento de área na superfície da esfera e o seu raio ao quadrado”. A Figura 5 demonstra um ângulo sólido.

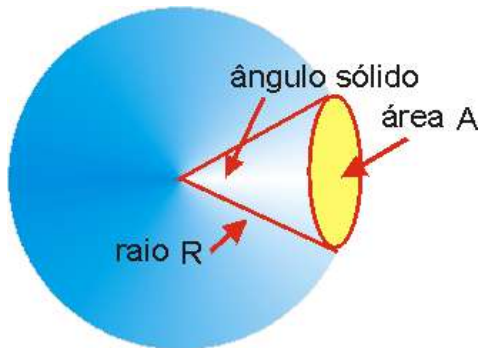


Figura 5 Ângulo sólido

Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> (acesso dia 09/06/17)

3.5 INTENSIDADE LUMINOSA, ILUMINÂNCIA E LUMINÂNCIA

A intensidade luminosa é a grandeza que indica a distribuição do fluxo radiante, ou seja, o limite entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido.

A densidade do fluxo luminoso na superfície é denominada Iluminância, que nada mais é do que a relação deste fluxo e a superfície na qual ela incide, “a potência de radiação luminosa numa dada direção denomina-se intensidade luminosa, o Inmetro denomina essas grandeza como iluminamento”. (NISKIER; MACINTYRE, 2013. p. 219).

Sobre Luminância, Niskier; Macintyre (2013. p. 222), diz que “um observador, ao olhar para a superfície terá a sensação de maior ou menor claridade, esta sensação é detectada pelo olho e avaliada pelo cérebro, e através de processos denominados de conhecimento sensitivo e intelectual”.

As medições dos níveis de iluminamento são feitas a qualquer tempo, sempre que desejamos saber em quais níveis estão a iluminação do nosso recinto. “A medição é feita com auxílio de equipamentos calibrados em LUX (luxímetros), e faz-se a medição conforme especificações da norma em vigor”. (MOREIRA 1999, p. 31).

3.6 EFICIÊNCIA LUMINOSA

Eficiência luminosa baseia-se na conversão da potência de entrada com potência de saída, mas como se refere a iluminação, essa fonte luminosa recebe uma potência elétrica e transforma em energia luminosa. Quanto maior a relação lumens/watts, melhor a eficiência luminosa. Segundo Barros; Borelli; Gedra, (2010, p. 105), “a diferenciação entre lâmpadas pode ser estabelecida comparando o fluxo luminoso irradiado e a potência absorvida da rede”.

3.7 FATOR DE UTILIZAÇÃO (FU)

Mamede (2012, p. 51), define fator de utilização como sendo “a relação entre o fluxo luminoso que chega ao local de trabalho e o fluxo luminoso emitido pela lâmpada”.

É um fator que depende das dimensões do ambiente, do tipo de luminária e da pintura das paredes.

3.8 NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA 8995-1

A cintilação causa distração e pode provocar efeitos fisiológicos como dores de cabeça. Convém que o sistema de iluminação seja projetado para evitar a cintilação e os efeitos estroboscópicos. Os efeitos estroboscópicos podem levar a situações de perigo pela mudança da percepção de movimento de rotação ou por máquinas alternativas (de movimento repetitivo). Isto pode ser alcançado pela utilização de uma fonte elétrica em corrente contínua, pela utilização de lâmpadas em alta frequência (aproximadamente 30 kHz) ou pela distribuição da alimentação da iluminação por mais de uma fase. (NBRISO_CIE8995-1.)

Efeitos estroboscópicos podem ser demonstrados quando o objeto é iluminado por uma luz que varia periodicamente, numa sequência apropriada. Estes efeitos são: ofuscamento, quando há um desconforto, uma redução da capacidade

de distinguir objetos, ou ambos, devido a desfavorável distribuição das iluminâncias, aluminâncias elevadas, ou contrastes excessivos no espaço ou no tempo.

O efeito pode ser também fototrópico, quando as áreas luminosas exercem uma atração sobre o olho, quando o olho humano, para mover-se de um ponto a outro, tende a fazê-lo ocupando as posições intermediárias em busca de maior luminosidade.

O nível de luminosidade da redondeza é o indicativo da variação do tamanho da pupila, ou seja, a acuidade visual. Com a idade avançada, a pessoa perde a agudeza visual, que é a percepção de pequenos detalhes. É sabido, portanto, que, quanto mais idoso o indivíduo, maior deverá ser o nível de iluminação do ambiente. Segundo Spinelli; Possebon e Brevigliero (2006. P. 317). “Efeito estroboscópico é toda a modificação aparente do movimento ou imobilização de um objeto, quando este é iluminado por uma luz que varia periodicamente”.

3.9 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DAS CORES (IRC)

O índice de reprodução das cores é caracterizado pela diferença percebida pelo observador entre o real e a aparência de um objeto iluminado, podendo atribuir-se uma variação subjetiva de 0 a 100 para indicar o desempenho das cores. Conforme Moreira (1999. p. 22) “é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma fonte de luz”.

A formação das cores é resultado da mistura das três cores primárias, vermelho, verde e azul que com o sistema aditivo, como vemos na Figura 6, forma as cores secundárias ou subtrativas, amarelo, ciano (verde azulado) e magenta. No processo aditivo além das cores secundárias, se misturadas às três cores primárias, obtêm-se a cor branca.

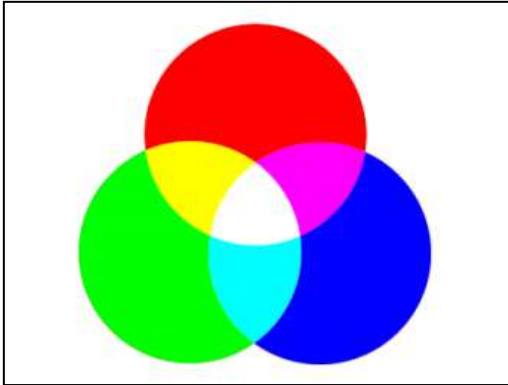


Figura 6 Processo Aditivo.

Fonte: Fundamentos do Sensoriamento Remoto. (p. 261)

No processo de subtração, as cores primárias vão se sobrepondo e uma absorvendo a outra até a formação do preto. Conforme Figura 7.

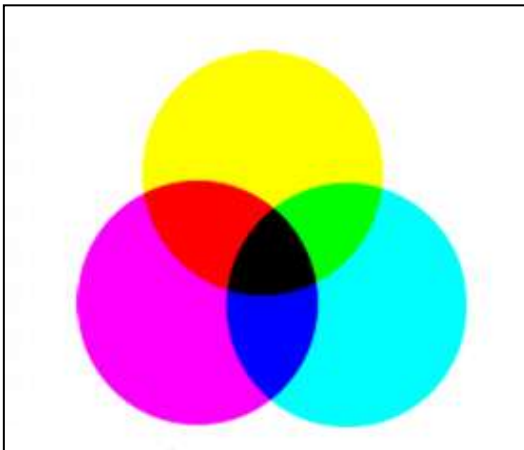


Figura 7 Processo subtrativo

Fonte: Fundamentos do Sensoriamento Remoto (p. 261)

3.10 REFLETÂNCIA

Quando se ilumina uma superfície com um fluxo luminoso, temos três tipos de fatores que incidem sobre ela e o fluxo, sendo que, uma parte deste fluxo é refletida pela superfície, que é chamado de refletância. Outra parte é transmitida por ela, que é denominada de transmitância e por último, a parte do fluxo que é absorvido pela superfície é o fator de absorção. Conforme Moreira, (1999, p. 20) “em uma página branca de um livro com letras pretas, a luz branca é refletida pelas duas cores, mas

em porcentagens bem diversas, pois a cor negra absorve quase todo o fluxo luminoso incidente”.

3.11 TEMPERATURA DE COR

A “temperatura de cor está relacionada a cor de um corpo negro quando submetido a uma determinada temperatura” Niskier; Macintyre (2013. p. 239), sua unidade é o Kelvin (K).

Quanto mais alta é a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A luz quente e a fria têm uma temperatura aproximada de 2700K e 6400K respectivamente, sendo a fria de aparência branco violeta e o quente amarelada conforme verificado na Figura 8. A luz natural ou de céu aberto, emitida pelo sol aproximadamente ao meio dia, conta com uma temperatura de cor de 5800 K.



Figura 8 Temperatura de Cor

Fonte: <http://www.empalux.com.br/images/luminotecnica/temperatura-de-cor> (acesso dia 09/06/17)

3.12 TIPOS DE ILUMINAÇÃO

O direcionamento da iluminação é dividido em classes, que são: Direta, quando o fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho; Indireta, quando o fluxo é dirigido diretamente em oposto ao plano de trabalho; Semidireta,

quando o fluxo luminoso chega ao plano de trabalho diretamente dirigida e outra parte atinge o mesmo plano por reflexão. (MAMEDE, 2012, p. 44).

Os tipos de iluminações usados neste trabalho estão representados na Figura 9.



Figura 9 Tipos de Iluminação

<http://iluminaciondeinteriores.blogspot.com.br/2009/04/tipos-de-iluminacion.html> (Acesso 10/06/2017)

3.13 FOTOMETRIA E ESFERA INTEGRADORA

Fotometria é o processo de medição das grandezas luminosas. Os equipamentos utilizados para essas medições são chamados de fotômetros, dentre eles está o luxímetro, que é um equipamento utilizado para medições de iluminância em lux (lx) ou lumens por metro quadrado m^2 . Spinelli; Possebon e Brevigliero (2006, p. 333) Luxímetro é um mini amperímetro composto por uma célula fotoelétrica que possui quatro camadas, sendo a primeira uma tela de proteção, a segunda um semicondutor, a terceira uma placa isolante e a quarta uma placa metálica.

Para medição de fluxo luminoso no processo direto utiliza-se a esfera de Ulbricht ou esfera integradora, mostrada na Figura 10, baseando-se no princípio enunciado em 1892 por Sumpner, que quando se coloca uma fonte de luz no interior de uma esfera com paredes brancas perfeitamente difusoras, obtém-se, em qualquer parte da superfície, igual iluminância, que será proporcional ao fluxo luminoso total emitido pela fonte. Com base nesse princípio, não importa a localização da fonte dentro da esfera, assim como a sua distribuição de fluxo luminoso.



Figura 10 Esfera Integradora
Fonte: <http://www.mra.pt> (Acesso em 09/06/2017)

3.14 TIPOS DE LÂMPADAS

No mercado existem vários tipos de lâmpadas de diferentes tipos construtivos, mas devido à este trabalho basear-se em apenas três tipos, aborda-se somente eles, sendo incandescente, fluorescente e LED.

A lâmpada incandescente nada mais é do que uma resistência pura formada por um fio, colocado no vácuo em meio gasoso e percorrido por uma corrente elétrica, formada por um bulbo, um filamento com elevado ponto de fusão, normalmente de tungstênio, um meio interno de onde é retirado todo o oxigênio e colocado uma mistura de gases, argônio e criptônio, as bases de sustentação da lâmpada presa ao bulbo com rosca. (GARCIA JUNIOR, 1996, p. 9).

Atualmente no Brasil está proibida a fabricação de lâmpadas incandescentes de potência superior a 40 w.

As lâmpadas fluorescentes são consideradas lâmpadas de descarga com baixa pressão. Anos atrás só existiam as lâmpadas fluorescentes tubulares, mas hoje as mais utilizadas em ambientes são as fluorescentes compactas, em forma espiral e em “U”. O princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes tubulares é um reator colocado na base de sustentação e é usado um gás inerte e vapor de mercúrio, que através de uma descarga elétrica produz o fluxo luminoso.

(GARCIA JUNIOR, 1996, p. 20). As lâmpadas fluorescentes compactas possuem um circuito eletrônico que converte a tensão AC em DC, filtram o *ripple* e converte o sinal DC para o sinal AC através de um circuito oscilador de baixa frequência.

Ultimamente está sendo muito divulgada e comercializada a lâmpada de LED, que vem substituindo as fluorescentes gradativamente, tendo como empecilho atual o preço, mas em eficiência este tipo de lâmpada se destaca. Funciona com um diodo emissor de luz (LED), formado por uma junção semicondutora polarizada diretamente. Na Figura 11 mostra-se um esquema de ligação das lâmpadas LED com uma fonte limitadora de corrente.

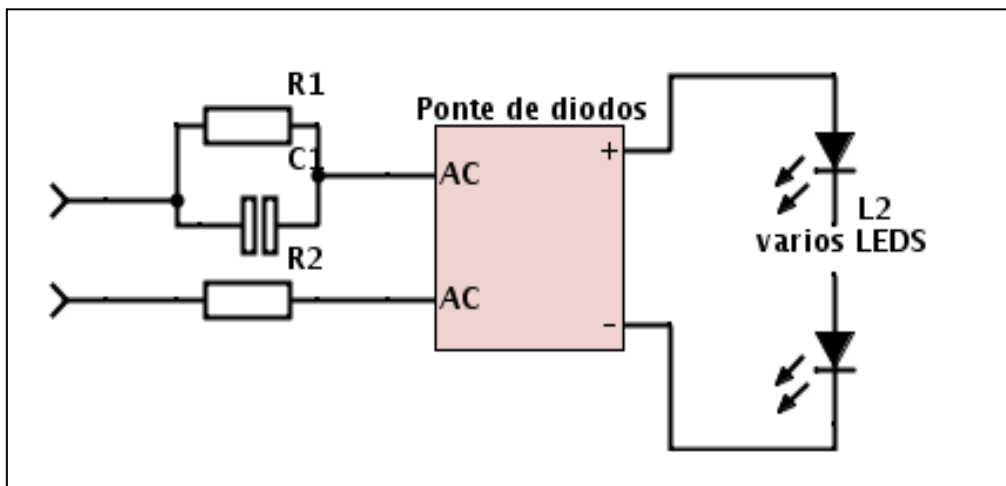


Figura 11 Fonte limitadora de corrente usada na maioria das lâmpadas de LED
 Fonte: <http://blog.novaeletronica.com.br/circuito-de-lampada-de-leds/> (acesso em 05/06/2017)

O princípio da estrutura de um LED precisa de corrente DC, de uma alimentação apropriada e dissipadores de calor no formato de aletas para ventilação. Como a figura 11 acima mostra, tem-se uma fonte limitadora de corrente em lâmpadas LED.

3.15 VISUALG

Para aplicar os conceitos de iluminação e testar alguns tipos de Lâmpadas e sua influência das cores do ambiente na Iluminação, desenvolveu-se a ferramenta que ora denominamos de “Armário Luminotécnico” e, para aplicar os conceitos a um

ambiente real, desenvolveu-se um Algoritmo estruturado para simulação dos resultados dentro de um programa, O VisualG.

O VisualG é um programa editor e interpretador de pseudocódigos em português, para elaboração de algoritmos parecidos com o “portugol”, de domínio público, desenvolvido por Cláudio Morgado de Souza que é programador/analista e professor universitário no Rio de Janeiro.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Para os Testes de Uso Geral

Computador Acer Aspire 5750 core I3 2,2GHz 4G RAM 64 bits win7 home;
Luxímetro Minipa MLM 1020 com data logger e interface USB;
Wattímetro Minipa ET 4055 com data logger e interface USB;
Câmera digital Sony Action Hdr-as 15 Full HD interface wireless;
Peças de MDF, brancas para a construção do armário luminotécnico;
Papel de parede de cores: preto, amarelo e verde;
Porta lâmpada 1x100W (watt) E27 (plafon).

4.1.2 Para os Testes de Eficiência da Cor

Lâmpada incandescente bulbo Taschibra, 127 V (volt), 100 W e 1600 lumens;
Lâmpada fluorescente compacta 3U Taschibra, 127 V, 25 W e 1600 lumens;
Lâmpada LED bulbo Taschibra, bivolt, 16 W e 1600 lumens.

4.1.3 Para os Testes de Eficiência Luminosa

Lâmpada incandescente bulbo Taschibra, 127 V, 15 W e 110 lumens;
Lâmpada fluorescente compacta 3U Taschibra, 127 V, 15 W e 870 lumens;
Lâmpada LED bulbo Goldem, bivolt, 15 W e 1450 lumens.

4.1.4 Para os Testes de Temperatura de Cor

Lâmpada fluorescente compacta 3U Taschibra 25 W e 2700 K cor amarela;

Lâmpada fluorescente compacta 3U Taschibra 25 W e 6400 K cor branca;

Lâmpada LED bulbo Taschibra 11 W e 3000 K cor quente;

Lâmpada LED bulbo Taschibra 11 W e 4000 K cor suave;

Lâmpada LED bulbo Taschibra 11 W e 6500 K cor fria.

4.1.5 Para os Testes de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa

Lâmpada incandescente bulbo, Taschibra 127 V, 100 W e 1600 lumens;

Lâmpada fluorescente compacta 3U, Taschibra 127 V, 25 W e 1600 lumens;

Lâmpada LED bulbo, Taschibra bivolt, 16 W e 1600 lumens;

Porta lâmpada 1x30W E27, plafon quadrado Taschibra Solari.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Construção do Armário Luminotécnico

O armário luminotécnico é fundamental na pesquisa de eficiência de ambientes e lâmpadas, visto que, é dentro do armário que se pode medir o fluxo luminoso total emitido pela lâmpada, a iluminância recebida pela superfície do armário em função da cor das paredes, teto e piso e também analisar as características das lâmpadas como Índice de Reprodução de Cores (IRC), temperatura da cor, níveis de iluminação e espalhamento da energia luminosa através da refletância, confinando o fluxo luminoso da lâmpada dentro do armário.

O armário foi construído em madeira (MDF) de 15 mm de espessura e cortado em partes distintas conforme a regra das grandezas luminotécnicas, levando em conta a importância das medidas internas de exatamente 1m³ e tendo como

base 1m^2 , sabendo que um lúmen é o fluxo luminoso emitido pelo ângulo sólido através de uma fonte luminosa puntiforme de intensidade constante e irradiada em todas as direções.

As folhas de madeira MDF foram marcadas com régua graduada com o intuito de manter a fidelidade das medidas internas do armário e serradas conforme medidas demonstradas na figura 13.

A regra pode ser entendida conforme Figura 12.

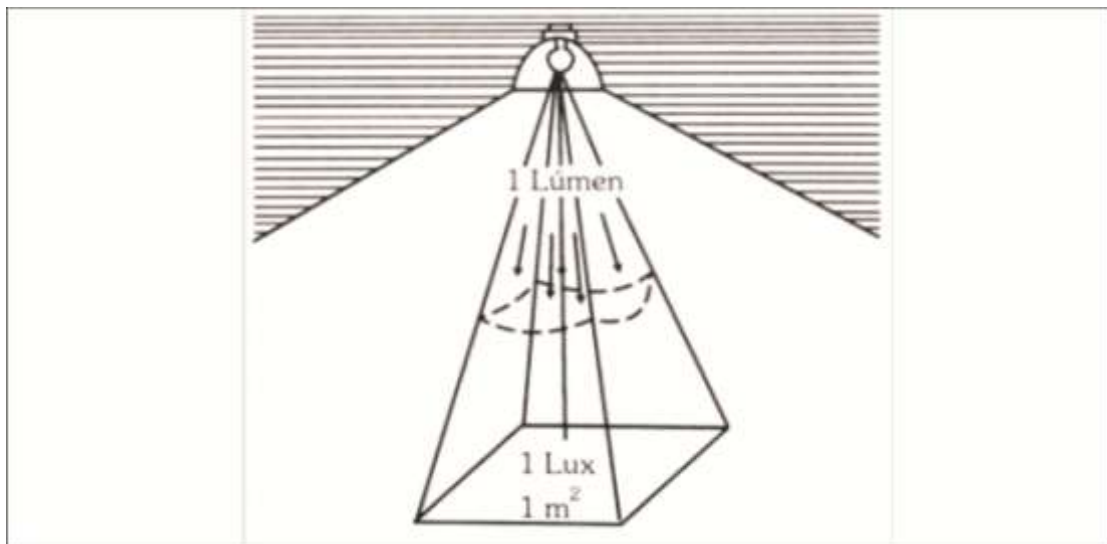


Figura 12 Relação lúmen lux

Fonte: Livro Instalações Elétricas - Princípios e Aplicações cap. 11 pg. 226

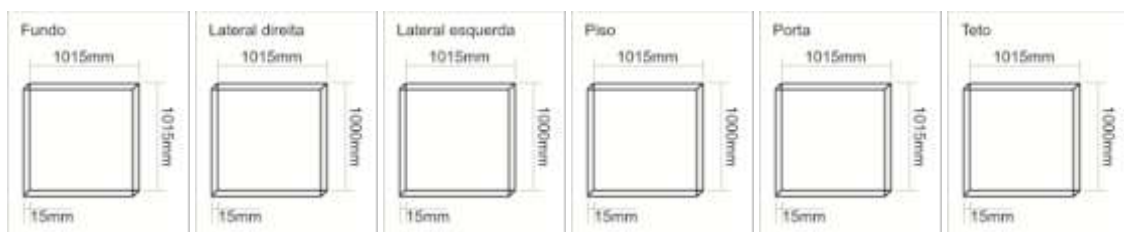


Figura 13 Dimensões do teto, paredes e piso do armário luminotécnico

Fonte: Própria (2017)

Após o corte e separação das madeiras conforme modelo visualizado na Figura 14, foi iniciado o processo de montagem e acabamento do armário.

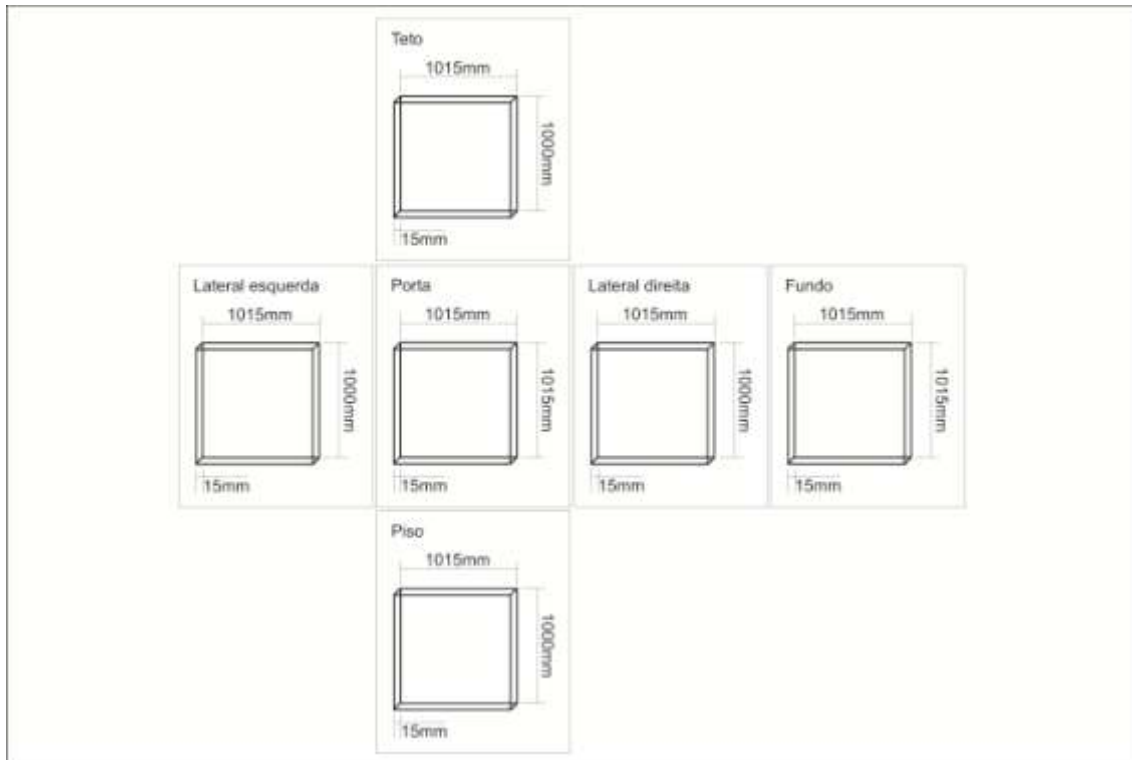


Figura 14 Vista plana do teto, paredes e piso do armário luminotécnico
 Fonte: Própria (2017)

As folhas foram furadas e unidas, uma a uma, com parafuso de 1" auto-atarrachante e apertadas com parafusadeira com controle de torque, evitando assim rachaduras por força mecânica no momento da junção das folhas seguindo a sequência de: teto, lateral direita, lateral esquerda, piso, fundo e porta, conforme Figura 15.

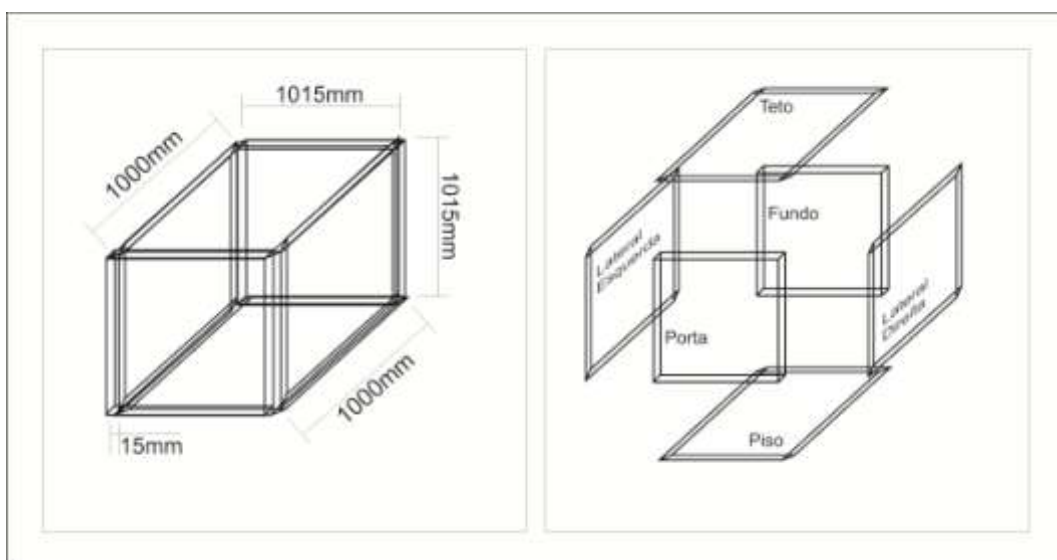


Figura 15 Vista explodida do armário luminotécnico
 Fonte: Própria (2017)

Com a construção das paredes, teto e piso concluída, foi iniciada a fixação das canaletas de sistema X para instalação dos fios de alimentação da lâmpada, cabos de dados do luxímetro e câmera fotográfica/filmadora, sensor de temperatura e cabos de tomadas para aquisição de dados via wattímetro e luxímetro, tomada de alimentação do notebook, suporte de apoio para notebook, puxadores e porta cadeados e finalizando com a confecção de carrinho de transporte em aço rápido galvanizado, todos conforme Figura 16.

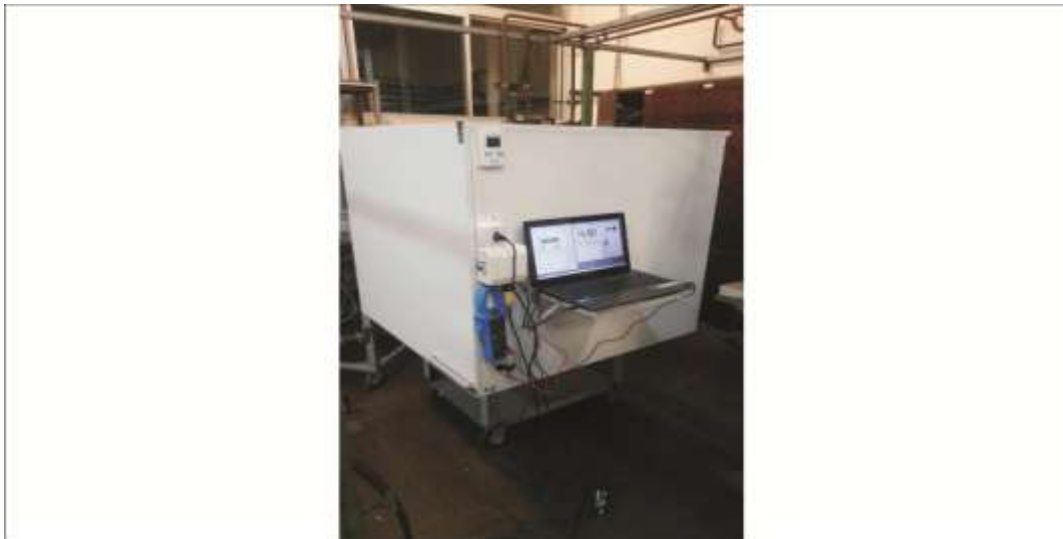


Figura 16 Armário luminotécnico, parte externa, finalizado
Fonte: Própria (2017)

4.2.2 Luxímetro: Instalação, Configuração e Comunicação

Após a conclusão da montagem mecânica e seus acessórios, foi iniciada a instalação e configuração do luxímetro. O Instrumento utilizado na pesquisa é o luxímetro MLM 1020 de marca Minipa devidamente calibrado conforme ANEXO A. O mesmo é indicado para projetos de iluminação de ambientes internos, fiscalização de ambientes de trabalho, entre outros, com medições de até 20k Lux, congelamento de medição, registro de valores máximos e mínimos, e principalmente a função data logger, sendo possível a realização da comunicação do luxímetro com o computador para transferência de dados registrados pelo instrumento. O luxímetro foi posicionado no centro do armário de medição com seu bulbo ocular centralizado sob a lâmpada e conectado ao cabo USB. Em seguida foi inserido e estendido um

cabo USB no sistema de canaletas internas do armário de medição com o intuito que esse cabo chegue ao computador sem interferir no ambiente de medição. Após conectar o cabo do luxímetro ao computador o mesmo foi ligado.

4.2.2.1 Instalação do Software do Luxímetro

Com o luxímetro ligado e conectado ao computador foi necessário configurar o mesmo. Utilizando o Windows 10, foi clicado com o botão direito do mouse na área de trabalho escolhendo propriedades, com o objetivo de descobrir se o Windows é de 32 ou 64 bits (digito binário). Ao descobrir a versão do Windows no computador foi inserido o CD (disco compacto) que acompanha o instrumento e iniciado a instalação conforme passos seguintes:

- a) Verificação do sistema operacional existente.
- b) Instalação do software ANEXO B.

4.2.2.2 Configuração do Software do Luxímetro no Computador

Após a conclusão da instalação do software do luxímetro foi iniciado o processo de configuração do instrumento. Clicando com o botão direito do mouse na área de trabalho e em seguida em propriedades. Na tela de sistema do Windows foi clicado em gerenciador de dispositivo. Ao abrir a caixa do gerenciador foi verificada a instalação do software do luxímetro, porém a tela apresenta um erro de configuração da porta. Para corrigir esse erro de sistema foi habilitada a comunicação do luxímetro com o computador, clicado em outros dispositivos e em atualização de drives. Na tela de atualização foi clicado em procurar software de driver manualmente e em seguida foi selecionada a opção “Permitir que eu escolha uma lista de drivers” e em seguida avançar. Quando foi exibida a lista de dispositivos, foi selecionado “Mostrar hardware compatível” e selecionada a opção “Com disco”. Ao aparecer a opção “copiar os arquivos do fabricante” foi clicado em “Procurar”. Foi direcionado para arquivo do CD e selecionado o arquivo “SIUSBXp”.

Após clicar em abrir foi selecionado na lista o modelo “*USB Test and Measurement Device*”, aguardado a instalação do driver até a confirmação da instalação com êxito e a reinicialização do sistema conforme ANEXO C.

4.2.2.3 Comunicação do Luxímetro com o Computador

Após a configuração de comunicação da porta USB do luxímetro, foi iniciada a comunicação do luxímetro com o computador. O instrumento é dotado com a função data logger, onde é possível transmitir os dados medidos para o computador sem a necessidade de anotar. Para iniciar a comunicação foi pressionado e segurado o botão do “menu” para entrar na definição da função USB, em seguida foi pressionado o botão “RANGE/ +” ou “MAX/MIN/-“, alterada a transmissão de dados de “USB.0” para “USB.1”, onde “USB.0” significa que os dados não podem ser transmitidos e “USB.1 “ significa que os dados podem ser transmitidos ao computador e depois pressionado o botão “HOLD” pra confirmar as configurações conforme ANEXO D.

4.2.3 Ensaio Luminotécnicos

Após a conclusão do processo de comunicação do luxímetro com o computador foram iniciados os ensaios luminotécnicos com testes de refletância da cor, através da modificação das cores do teto, paredes e piso, verificando os índices de iluminação das fontes luminosas e dos níveis de refletância de cada cor ensaiada. Em seguida foram realizados os testes de eficiência luminosa das lâmpadas, verificando o nível de iluminação que cada tipo de lâmpada ensaiada fornecerá. Após a conclusão do ensaio foram iniciados os testes temperatura da cor, verificando o iluminação das lâmpadas ensaiadas e as imagens fotografadas de dentro do armário. E por fim foram realizados os testes de posicionamento das lâmpadas através de iluminação direta, semidireta, indireta e difusa.

4.2.3.1 Teste de Eficiência da Cor

O teste de eficiência da cor está relacionado com a eficiência do recinto, onde, através do Fator de Utilização (FU) verificam-se os níveis de iluminação de uma mesma lâmpada modificando as cores do recinto. Os testes foram realizados através da coleta de dados com o luxímetro e fotografando internamente o armário, verificando os nuances de cor que ocorrem ao modificar as cores do teto, paredes e piso e comparando as perdas luminosas ao escurecer o ambiente. Para modificar as cores das paredes foi utilizado papel contato nas cores preto, verde e amarelo e suas variações.

Com a lâmpada conectada ao receptáculo foi ligado o luxímetro conforme procedimento ANEXO D, ligada a câmera fotográfica, fechada a porta do armário luminotécnico, ligado o disjuntor de alimentação do armário, iniciado o aplicativo do luxímetro no computador e iniciada a coleta dos dados para as lâmpadas da Figura 17, a seguir (já descritas em materiais), respeitando um intervalo de três minutos para troca das lâmpadas e um tempo de amostragem de vinte e sete minutos para coleta.



Figura 17 Lâmpadas utilizadas no teste de eficiência do recinto
Fonte: Elaboração própria (2017)

Os testes foram realizados com o armário configurado com diversas cores para o teto, paredes e piso respectivamente, conforme Figura 18.

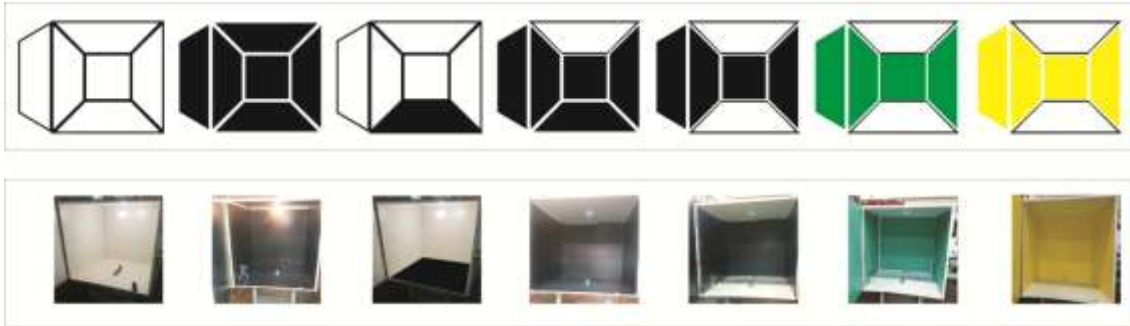


Figura 18 Cores utilizadas no teste de eficiência do recinto
Fonte: Elaboração própria (2017)

Tabela 1 Sequência de cores testadas.

TETO	PAREDE	PISO
BRANCO	BRANCO	BRANCO
PRETO	PRETO	PRETO
BRANCO	BRANCO	PRETO
BRANCO	PRETO	PRETO
BRANCO	PRETO	BRANCO
BRANCO	VERDE	BRANCO
BRANCO	AMARELO	BRANCO

Fonte: Elaboração própria (2017)

Nos testes de refletância da cor ao final de cada sequência fez-se necessário um intervalo de tempo maior para a troca da cor do ambiente.

4.2.3.2 Teste de Eficiência Luminosa

O teste de eficiência luminosa está relacionado com a eficiência da lâmpada, através do nível de energia luminosa que cada tipo pode proporcionar com o mesmo consumo, uma vez que, a tensão e a potência elétrica é a mesma para ambos os casos. Os testes foram realizados através da coleta de dados do luxímetro para os três tipos de lâmpadas em conjunto com a medição do wattímetro, verificando e confirmando no momento dos testes se tais lâmpadas estão sendo alimentadas pela mesma tensão e consumindo a mesma potência.

Com a lâmpada conectada ao receptáculo foi ligado o luxímetro conforme procedimento ANEXO D, ligada à câmera fotográfica, fechada a porta do armário luminotécnico, ligado o disjuntor de alimentação do armário, iniciado o aplicativo do luxímetro e iniciado a coleta dos dados para os devidos tipos de lâmpada da Figura 19, (já descritas em materiais), respeitando um intervalo de cinco minutos para troca das lâmpadas e um tempo de amostragem de vinte e cinco minutos para coleta.



Figura 19 Lâmpadas utilizadas no teste de eficiência elétrica
Fonte: Elaboração própria (2017)

4.2.3.2.1 Teste no Algoritmo para Cálculo de Eficiência Luminosa.

Iniciamos o algoritmo de iluminância pressionando o botão F9 do teclado e em seguida respondidos os questionários conforme procedimento seguinte.

1ª Etapa

Método dos Lúmens para Iluminação Interna.

- Digite o nome do ambiente a se testado;
- Digite 1 para iluminação direta ou 2 para iluminação indireta;
- Digite em metros o valor do comprimento do local;
- Digite em metros o valor da largura do local;
- Digite em metros o valor do pé direito do local;
- Digite o valor da altura entre o solo e o plano de trabalho;
- Digite o valor da altura entre o teto e o pendente da luminária.

2ª Etapa

Determinar a Eficiência do Recinto.

- Digite o valor da refletância do teto;

-Digite o valor da refletância da parede;

-Digite o valor da refletância do piso.

3ª Etapa

Determinar o Fator de Utilização da Luminária.

-Digite o tipo da luminária que será utilizada no recinto;

-Digite a descrição da luminária escolhida;

-Digite o Fator de Utilização conforme Tipo e Índice do Recinto K.

4ª Etapa

Determinar o Fator de Manutenção ou Depreciação.

-Digite o Fator de Manutenção.

5ª Etapa

Informar o Nível de Iluminância Recomendado para Interiores.

-Digite os Lux do ambiente de acordo com o tipo de atividade descrito na norma NBR 8995/1 de 2013.

6ª Etapa

O programa calculará o Fluxo luminoso total necessário.

7ª Etapa

Calcular a quantidade de lâmpadas necessárias para o ambiente.

-Digite o tipo da lâmpada;

-Digite a potência da lâmpada em Watts;

-Digite a tensão de operação da lâmpada em Volts.

8ª Etapa

Calcular o fluxo luminoso da lâmpada.

-Informar o fluxo luminoso da lâmpada? Digite 1;

-Informar a eficiência luminosa da lâmpada? Digite 2;

-Digitar o Fluxo Luminoso da lâmpada informado pelo fabricante.

-Digitar a quantidade de lâmpada por Luminária.

O programa retornará o memorial de cálculo conforme o final do ANEXO E.

Nas Figuras 20 e 21, imagens da tela do programa e tela inicial do algoritmo, respectivamente:

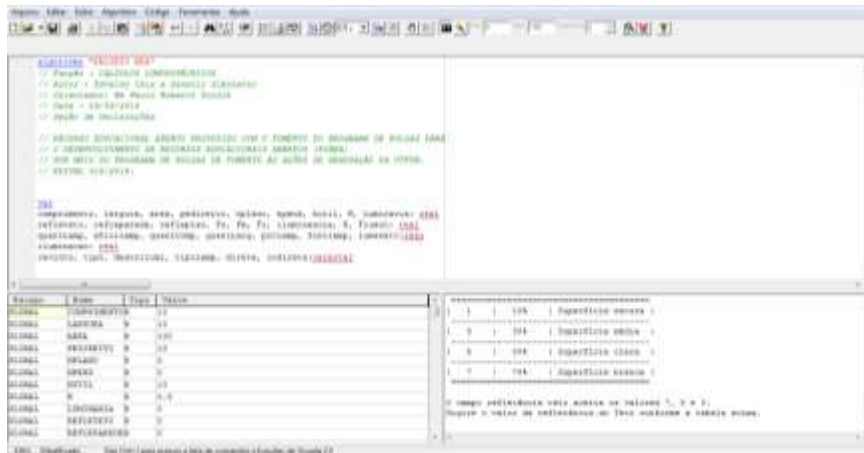


Figura 20 Aparência do programa VisualG
Fonte: Própria (2017)

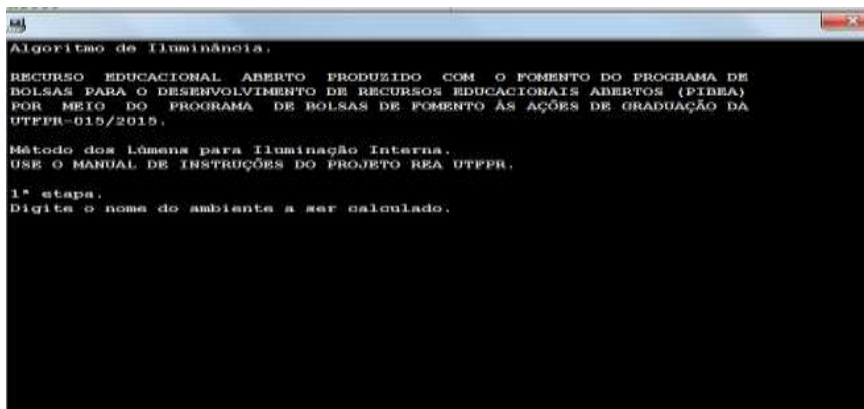


Figura 21 Aparência inicial do algoritmo VisualG
Fonte: Própria (2017).

4.2.3.2.2 Uso do Algoritmo para Memorial de Cálculo.

Para testes de funcionamento do algoritmo realizou-se o cálculo e dimensionamento luminotécnico de um escritório de serviços gerais que tem comprimento de 15m, largura de 10m, altura de 3m, com plano de trabalho de 0,75m em relação ao piso, com luminárias instaladas no nível do teto conforme Figura 22.

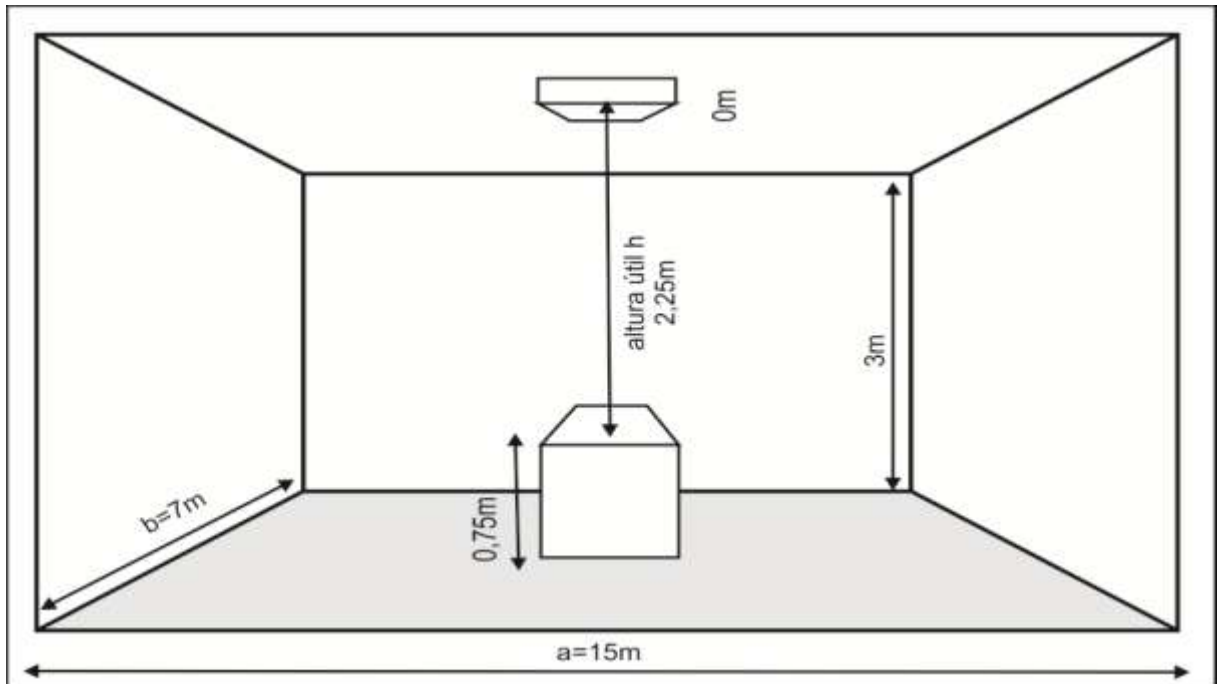


Figura 22 Aparência inicial do algoritmo VisualG
Fonte: Própria (2017)

A sala tem teto branco, paredes brancas e piso escuro, com características de ambiente limpo e a manutenção das lâmpadas e luminárias ocorre a cada 2500h, com iluminação direta.

Com as dimensões do ambiente escolheu-se o tipo de iluminação e calculou-se o índice do recinto K conforme fórmula.

[...] fórmula para cálculo do índice de recinto K :

$$K = a \cdot b / h(a + b) \text{ para iluminação direta e}$$

$$K = 3 \cdot a \cdot b / 2 \cdot h'(a + b) \text{ para iluminação indireta.}$$

Onde:

K = Fator do recinto

a = Comprimento do local

b = Largura do local

h = Altura da luminária ao plano de trabalho

h' = Altura útil (altura da luminária ao plano de trabalho)

[...] cálculo do índice de recinto K:

$$K=15 \times 7 / 2,25(15+7)$$

$$K=105/49,5$$

$$K=2,121212$$

Verificou-se que com o teto branco, paredes claras e piso escuro, usa-se a Tabela 02 de refletância abaixo para escolher o percentual de iluminação **751** da cor do ambiente.

Tabela 2 Refletâncias das diversas cores

COR	REFLETÂNCIA
Branco	75 a 85%
Marfim	63 a 80%
Creme	56 a 72%
Amarelo Claro	64 a 75%
Marrom	17 a 41%
Verde claro	50 a 65%
Verde escuro	10 a 22%
Azul claro	50 a 60%
Rosa	50 a 58%
Vermelho	10 a 20%
Cinza	40 a 50%

**Fonte: Universidade Federal De Uberlândia. (2016)
Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas.**

Escolheu-se a luminária do tipo embutir para lâmpadas com rosca E27 com descrição de luminária refletora com iluminação direta. Coletaram-se os dados do algoritmo e os comparou-se com os dados do Fator de Utilização dessa luminária para Teto/Parede/Piso em relação ao índice de área K, de forma cruzada, conforme demonstrado no quadro 01.

Quadro 01: Fator de utilização (u) – luminárias de lâmpadas padrão E27.

K	Teto	70			50			30	
	Parede	50	30	10	50	30	10	30	10
	Plano de trabalho	10			10			10	
0,60		0,31	0,26	0,23	0,30	0,26	0,22	0,26	0,22
0,80		0,36	0,31	0,27	0,35	0,30	0,27	0,30	0,27
1,00		0,43	0,38	0,34	0,42	0,37	0,34	0,37	0,34
1,25		0,48	0,43	0,40	0,47	0,43	0,39	0,42	0,39
1,50		0,52	0,47	0,44	0,50	0,47	0,44	0,46	0,44
2,00		0,57	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50	0,53	0,50
2,50		0,61	0,58	0,55	0,60	0,57	0,55	0,57	0,55
3,00		0,63	0,61	0,58	0,63	0,60	0,58	0,60	0,58
4,00		0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,63	0,64	0,63
5,00		0,69	0,68	0,66	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66

Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas.

Encontrou-se o FU de **0,57** ao cruzar os dados do índice do recinto K com os níveis de iluminação. Em seguida encontrou-se o Fator de Manutenção (FM) de 0,95 usando o quadro 2 de manutenção, em função das características do ambiente, conforme proposto, ambiente limpo e com manutenção a cada 2500h.

Quadro 2: Período de Manutenção em função da característica do ambiente.

Ambiente	Período de manutenção		
	2.500h	5.000h	7.500h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Suso	0,80	0,66	0,57

Fonte: Hélio Creder – Instalações Elétricas

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 8995-1 de 2013, o nível de iluminância média requerida para atividades em escritórios que escrevem, teclam, lêem ou processam dados é de 500 lux. Com essa informação calculou-se no algoritmo o fluxo luminoso total necessário para o ambiente conforme fórmulas e cálculos.

[...] fórmula para cálculo do fluxo luminoso total necessário:

$$FI=(E * S) / (Fu * Fm)$$

Onde:

FI = Fluxo luminoso total necessário

E = Iluminamento médio requerido pela norma 8995-1

S = Área total do recinto em metros quadrados

Fu = Fator de utilização

Fm = Fator de manutenção

[...] cálculo do fluxo luminoso total necessário:

$$FI = (E * S) / (Fu * Fm)$$

$$FI = (500 * 105) / (0,57 * 0,95)$$

$$FI = 52500 / 0,5415$$

$$FI = 96.952,9085873 \text{ lumens}$$

Em seguida informou-se a potência e tensão elétrica das lâmpadas. Todas de 15W e 127 V. E informou-se ao algoritmo individual por teste o fluxo luminoso fornecido por cada lâmpada. Incandescente 110lm, fluorescente 870lm e led 1450lm. Após o processamento, informou-se o número de lâmpadas por luminária e calculou-se o número de luminárias conforme fórmula e cálculos, em seguida entregou-se todo memorial de cálculo do projeto de iluminação conforme Figuras 25, 26 e 27.

[...] fórmula para cálculo do número de luminárias:

$$N = FI / FII$$

Onde:

N = Número de luminárias

FI = Fluxo luminoso total necessário

FII = Fluxo luminoso da lâmpada.

[...] cálculo do número de luminárias incandescentes:

$$N = FI / FII$$

$$N = 96.952,9085873 / 110$$

$$N = 882 \text{ Luminárias}$$

[...] cálculo do número de luminárias fluorescentes:

$$N = FI / FII$$

$$N = 96.952,9085873 / 870$$

$$N = 112 \text{ Luminárias}$$

[...] cálculo do número de luminárias led's:

$$N = FI / FII$$

$$N = 96.952,9085873 / 1450$$

$$N = 67 \text{ Luminárias}$$

4.2.3.3 Teste de Temperatura da Cor

O teste de temperatura da cor está relacionado com o IRC que cada temperatura de cor pode proporcionar e o nível de energia luminosa que cada temperatura de cor pode apresentar. Os testes foram realizados através da coleta de dados do luxímetro verificando a energia luminosa que cada temperatura de cor oferece, comparando suas perdas e fotografando os objetos internos ao armário e suas paredes verificando as modificações de nuances das imagens conforme Figuras 28 e 29.

Com a lâmpada conectada ao receptáculo foi ligado o luxímetro conforme procedimento ANEXO D, ligada a câmera fotográfica, fechada a porta do armário luminotécnico, ligado o disjuntor de alimentação do armário, iniciado o aplicativo do luxímetro no computador e iniciado a coleta dos dados para os devidos tipos de lâmpada da Figura 23, a seguir (já descritas em materiais), respeitando um intervalo de cinco minutos para troca das lâmpadas e um tempo de amostragem de trinta e quatro minutos para coleta de dados das lâmpadas fluorescentes compactas e vinte e sete minutos para as lâmpadas led.



Figura 23 Lâmpadas utilizadas para o teste de temperatura da cor
 Fonte: Própria (2017)

Nos testes de temperatura da cor ao final de cada sequência fez-se necessário um intervalo de tempo maior para a troca das lâmpadas do ambiente.

Mais resultados do teste de temperatura de cor podem ser conferidos no ANEXO F.

4.2.3.4 Teste de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa

Os testes de iluminação direta, semidireta, indireta e difusa foram realizados através da comparação do iluminamento das lâmpadas incandescente, fluorescente e LED montadas de duas formas, através do posicionamento das lâmpadas na horizontal e vertical, em plafons diferentes que orientam essas posições e também através do uso e escurecimento de placa sobreposta ao plafon horizontal em relação ao plano de iluminação. Esses posicionamentos podem ser vistos conforme Figura 24.



Figura 24 Plafons utilizados no teste de iluminação direta, semidireta, difusa e indireta
 Fonte: Própria (2017)

Para a iluminação direta, a lâmpada de foco foi montada e conectada ao receptáculo do plafon vertical com orientação focal voltada para baixo, perpendicular ao bulbo do luxímetro fazendo com que toda a energia luminosa seja focada em um único objeto, no caso, o luxímetro.

Para a iluminação semidireta, a lâmpada foi montada e conectada ao receptáculo do plafon horizontal com o bulbo voltado para lateral e com a placa protetora e refletora focal voltada para baixo, paralela ao bulbo do luxímetro fazendo com que 60 a 90% da energia luminosa sejam focadas em um único objeto, no caso o luxímetro.

Para a iluminação indireta, a lâmpada foi montada e conectada ao receptáculo do plafon horizontal quadrado Solari com a placa protetora e refletora revestida de um filme verde obstruindo a iluminação perpendicular ao plano com orientação focal voltada para cima, contrária ao bulbo do luxímetro fazendo com que 90 a 100% da energia luminosa sejam voltadas em direção contrária ao objeto, no caso o luxímetro.

Para a iluminação difusa, a lâmpada de bulbo foi montada e conectada ao receptáculo do plafon vertical com orientação focal voltada para baixo, perpendicular ao bulbo do luxímetro fazendo com que toda a energia luminosa seja espalhada em todos os objetos, atingindo também o luxímetro.

Os resultados de cada tipo de iluminação podem ser conferidos no ANEXO G.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 TESTES DE EFICIÊNCIA DA COR

Ao realizar os testes de Eficiência de Cor, através da coleta de dados com o luxímetro, usando três tipos de lâmpadas e alterando as cores do ambiente em sete configurações diferentes apresentados na Figura 18 encontraram-se os resultados conforme as Tabelas 03, 04 e 05.

Tabela 3 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada Incandescente.

Teto	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Branco	Amarelo	Branco
Piso	Preto	Preto	Branco	Branco	Preto	Branco	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
01	159,5	313	336	406	874	907	1263
02	158,7	310	333	403	879	900	1273
03	159,2	311	333	407	871	908	1268
04	158,8	311	339	407	863	906	1265
05	161,5	311	339	406	872	902	1255
06	163,1	309	335	406	872	904	1259
07	162,2	308	332	407	880	895	1252
08	163,5	309	330	402	878	905	1248
09	161,8	311	325	401	871	910	1253
10	161,3	308	326	402	874	913	1253
11	162,3	310	330	403	880	914	1252
12	163,3	311	331	405	881	921	1257
13	161,5	312	332	407	891	918	1257
14	161,5	312	332	406	890	923	1254
15	161,4	311	328	398	895	932	1261
16	160,9	309	327	399	875	916	1254
17	160,6	310	328	402	873	916	1255
18	158,3	312	331	402	875	922	1248
19	159,4	308	333	401	871	918	1253
20	158,7	308	332	403	873	914	1258
21	160,3	310	336	399	875	912	1258
22	160,4	311	340	399	863	906	1254
23	162,5	312	337	397	872	904	1248
24	161,3	313	336	398	879	908	1247
25	160,3	312	336	400	879	919	1252
26	161,8	312	332	402	885	920	1258
27	162,6	311	333	404	878	917	1253

Fonte: Própria (2017)

Os resultados encontrados na Tabela 03 acima demonstram que, para lâmpadas incandescentes, quanto mais claras forem às cores do teto, parede e piso, maior será o iluminamento da lâmpada. E ainda, que existem perdas significativas ao usar teto e paredes claras associadas a um piso escuro conforme coluna [branco, branco, preto] demonstrando baixa eficiência no recinto.

Tabela 4 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada Fluorescente

Teto	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Amarelo	Branco	Branco
Piso	Preto	Preto	Branco	Branco	Branco	Preto	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
01	112,6	223	267	382	1039	1017	1331
02	113,3	245	264	390	1030	1093	1591
03	107,8	241	256	382	994	1066	1585
04	101,5	227	243	361	951	1020	1515
05	99,7	215	234	349	929	973	1483
06	98,3	214	232	343	908	955	1450
07	96,7	217	235	343	908	956	1420
08	97,8	217	242	347	935	973	1403
09	99	217	241	357	939	971	1458
10	98,8	217	240	357	936	968	1463
11	98,7	216	239	357	931	964	1458
12	98,3	216	238	356	929	965	1450
13	98	216	238	355	928	962	1443
14	97,8	215	237	355	928	958	1443
15	97,6	215	237	353	927	958	1442
16	97,4	215	237	353	924	955	1435
17	97,3	215	236	352	923	952	1435
18	97,3	216	236	350	924	950	1432
19	97,2	215	236	350	923	954	1430
20	97,5	216	235	349	923	952	1432
21	98,7	216	234	349	923	952	1430
22	99,3	216	234	349	921	949	1433
23	98,4	215	234	348	920	948	1430
24	98	215	233	347	919	949	1428
25	98,7	215	233	348	918	949	1428
26	97,9	214	232	347	920	950	1425
27	98	215	232	347	918	950	1426

Fonte: Própria (2017)

Os resultados que se encontraram na Tabela 04 demonstram que, para lâmpadas fluorescentes, quanto mais claras forem às cores do teto, parede e piso, maior será o iluminamento da lâmpada, principalmente comparada às paredes onde

a maior parte da energia luminosa dessa lâmpada será emitida lateralmente, conforme é demonstrado nas colunas [branco, amarelo, branco] e [branco, branco, preto] onde mesmo o piso contendo cor preta, as reflexões das paredes brancas foram mais fortes que a da parede amarela. Ao comparar com lâmpadas incandescentes constatou-se que a lâmpada fluorescente tem um melhor aproveitamento luminoso em relação à eficiência do recinto.

Tabela 5 Dados coletados da Intensidade Luminosa da Lâmpada de LED

Teto	Branco	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Branco	Amarelo	Branco
Piso	Branco	Preto	Preto	Branco	Preto	Branco	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
01	523	575	617	768	1303	1364	1836
02	522	568	610	758	1288	1346	1816
03	521	562	604	749	1273	1330	1796
04	521	556	597	743	1262	1315	1779
05	520	550	591	735	1249	1302	1761
06	521	546	587	729	1240	1289	1744
07	520	541	583	723	1229	1278	1731
08	520	538	578	716	1220	1267	1715
09	519	533	574	711	1211	1257	1703
10	519	529	569	706	1201	1249	1694
11	518	526	567	701	1194	1241	1682
12	518	522	563	698	1188	1232	1674
13	518	520	560	694	1180	1224	1664
14	517	517	557	690	1175	1220	1656
15	517	515	554	688	1170	1213	1647
16	517	512	552	685	1163	1206	1641
17	517	510	550	682	1158	1201	1633
18	517	508	547	678	1155	1197	1628
19	517	507	546	676	1151	1193	1622
20	517	505	544	674	1146	1189	1617
21	517	504	542	672	1143	1185	1610
22	517	501	542	670	1142	1182	1607
23	516	501	540	669	1138	1179	1603
24	516	499	538	667	1135	1175	1598
25	516	499	538	665	1132	1173	1594
26	516	497	537	665	1130	1169	1591
27	516	497	535	662	1128	1167	1589

Fonte: Própria (2017)

Os resultados encontrados na Tabela 05 demonstram que, para lâmpadas de LED, quanto mais claras forem as cores do teto, parede e piso, maior será o aproveitamento da energia luminosa da lâmpada, principalmente comparada em relação ao teto e às paredes, uma vez que, esse tipo de lâmpada tem um ótimo

espalhamento de energia luminosa, resultado do seu formato. A maior parte da energia luminosa dessa lâmpada é emitida lateralmente conforme demonstrado nas colunas [branco, verde, branco] e [branco, amarelo, branco] onde, ao mudar as cores das paredes de verde para amarelo o iluminamento do ambiente quase dobra seu valor e outra pequena parte dessa energia é irradiada para cima, caracterizando esse tipo de lâmpada ideal para iluminação difusa, demonstrada nas colunas [preto, preto, preto] e [branco, preto, preto] onde há um leve acréscimo de energia luminosa ao mudar a cor do teto de preto para branco. Para os resultados de energia refletida no piso, esse tipo de lâmpada sofre interferência da configuração das paredes, ou seja, o piso se torna ineficiente mesmo tendo cor branca se suas paredes forem de cor preta conforme é demonstrado nas colunas [branco, preto, preto] e [branco, preto, branco], e diminui o nível do iluminamento do ambiente ao mudar a cor do piso de preto para branco e o piso se tornara eficiente ao mudar as cores de preto para branco se suas paredes forem de cor branca conforme colunas [branco, branco, preto] e [branco, branco, branco], e ainda aumenta o nível de iluminamento ao mudar a cor do piso de preto para branco com suas paredes na cor branca.

Comparando com a lâmpada incandescente e fluorescente, verifica-se que a lâmpada de LED bulbo tem um melhor aproveitamento luminoso em relação à eficiência do recinto.

Após a análise comparativa dos resultados realizou-se a análise coletiva da amostra verificando os dados estatísticos através de grandezas como: Média, Moda, Mediana, Valor Máximo, Valor Mínimo, Desvio Padrão e Percentual de Iluminação.

Ao analisar os dados coletados do luxímetro para o teste de eficiência do recinto encontrou-se os seguintes dados estatísticos, conforme Tabela 06.

Tabela 6 Dados estatísticos usando lâmpada incandescente bulbo 100W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 25W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 16W. Todas de 1600 Lumens.

Lâmpada Incandescente							
Teto	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Branco	Amarelo	Branco
Piso	Preto	Preto	Branco	Branco	Preto	Branco	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
MÉDIA	160,9888	310,5555	332,666	402,666	876,6296	912,2222	1255,851
MODA	161,5	311	332	402	879	908	1253
MEDIANA	161,3	311	332	402	875	913	1254
MÁXIMO	163,5	313	340	407	895	932	1273
MÍNIMO	158,3	308	325	397	863	895	1247
DESVIO PADRÃO	1,500341	1,527525	3,94188	3,15009	7,427330	8,308167	6,143813
LUX %	12,81890	24,72868	26,48932	32,06322	69,80358	72,63772	100
Lâmpada Fluorescente							
Teto	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Amarelo	Branco	Branco
Piso	Preto	Preto	Branco	Branco	Branco	Preto	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
MÉDIA	99,68888	218,2962	239,0740	354,6666	935,8518	970,7037	1448,111
MODA	98,7	215	234	349	923	952	1430
MEDIANA	98,3	216	236	350	924	956	1435
MÁXIMO	113,3	245	267	390	1039	1093	1591
MÍNIMO	96,7	214	232	343	908	948	1331
DESVIO PADRÃO	4,344433	7,635014	9,029549	11,73751	32,57028	36,35171	50,31006
LUX %	6,884063	15,07455	16,50937	24,49167	64,62569	67,03240	100
Lâmpada LED							
Teto	Branco	Preto	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco
Parede	Preto	Preto	Preto	Verde	Branco	Amarelo	Branco
Piso	Branco	Preto	Preto	Branco	Preto	Branco	Branco
Medições	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux	Lux
MÉDIA	518,259	523,629	563,777	699,037	1189,03	1234,925	1675,222
MODA	517	501	542	665	#N/D	#N/D	#N/D ¹
MEDIANA	517	517	557	690	1175	1220	1656
MÁXIMO	523	575	617	768	1303	1364	1836
MÍNIMO	516	497	535	662	1128	1167	1589
DESVIO PADRÃO	2,04925	23,4670	24,4529	31,2674	52,4825	58,31276	74,133
LUX %	30,9367	31,2573	33,6539	41,7280	70,9778	73,71714	100

Fonte: Própria (2017)

¹ #ND = Não houve moda para o conjunto de dados analisados

Para os níveis de iluminação da lâmpada incandescente, os dados estatísticos mostram que os dados desta lâmpada são uniformes, visto que, a média, moda, mediana, valor máximo e mínimo são todos muito próximos. Os níveis de iluminação da lâmpada foram gravados conforme Gráfico 01.

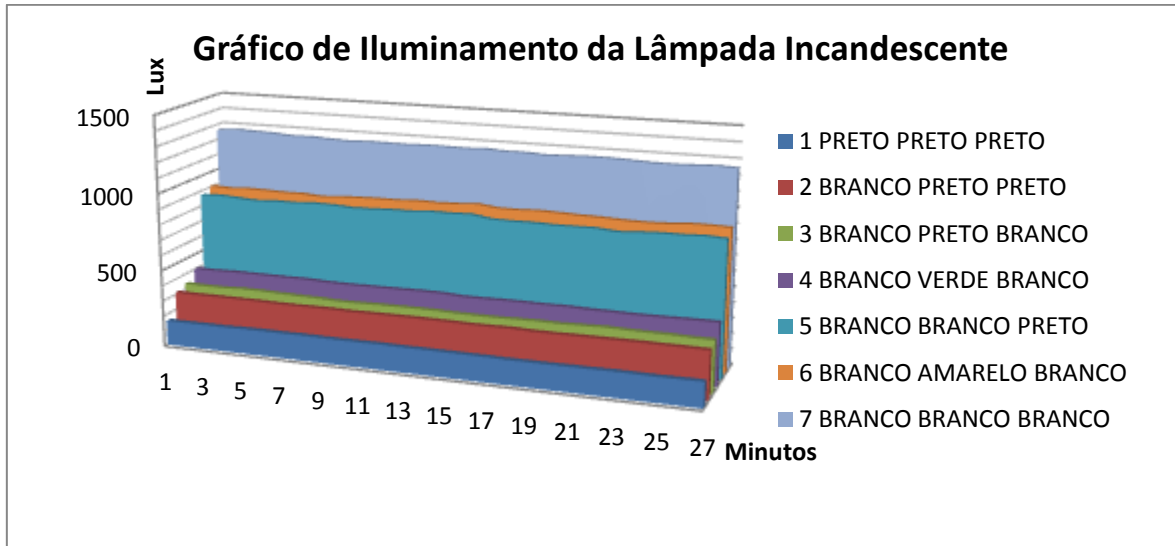


Gráfico 1 Intensidade luminosa com medição crescente
Fonte: Própria (2017)

Para os percentuais de iluminação constatou-se que: dos 100% do iluminamento medido nas cores [branco, branco, branco] esse valor é reduzido para 12,81% nas cores [preto, preto, preto] e seus valores intermediários conforme Gráfico 02.

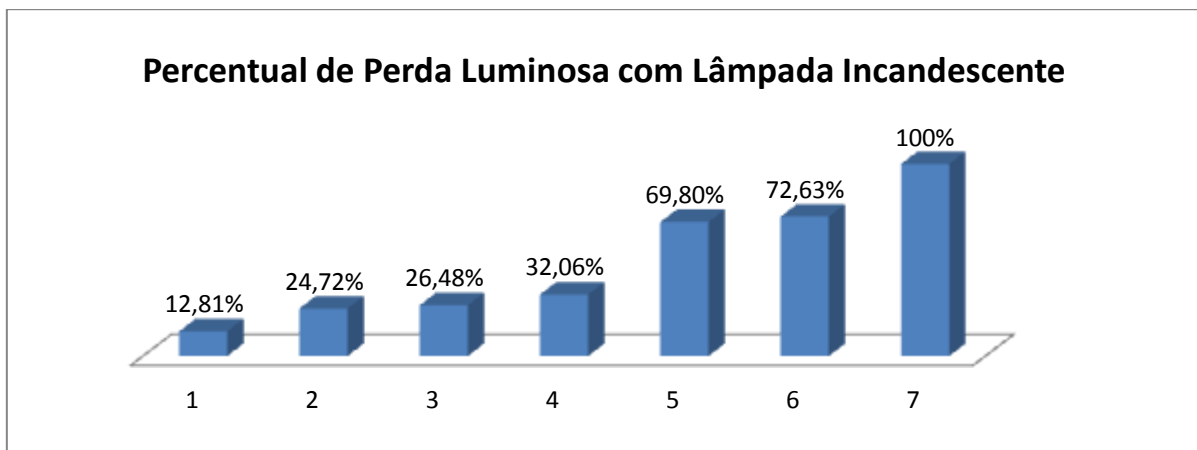
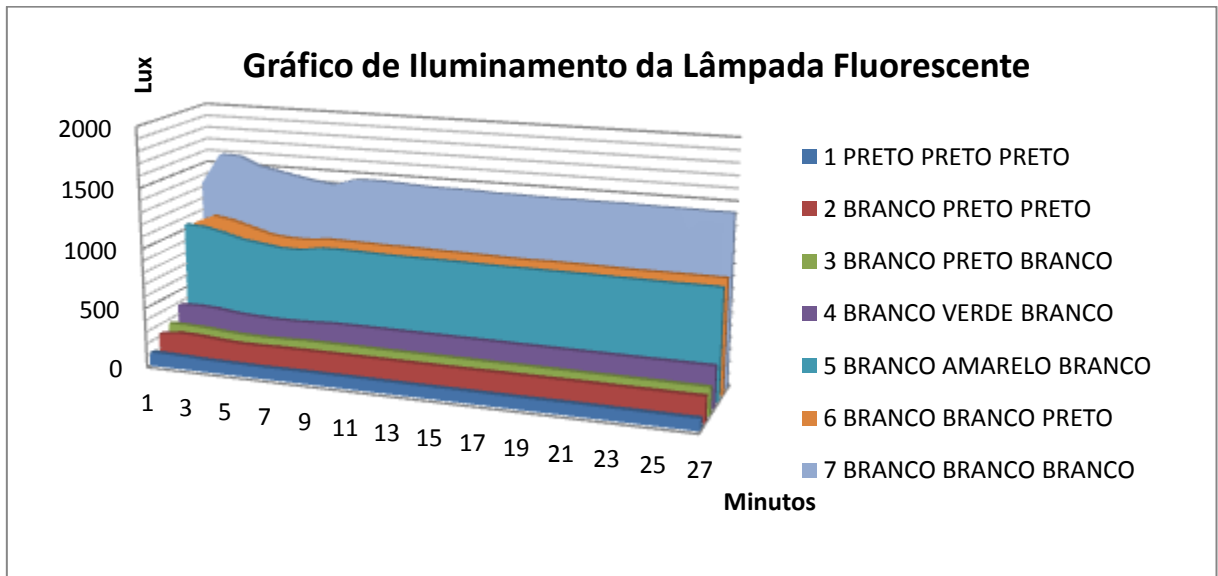


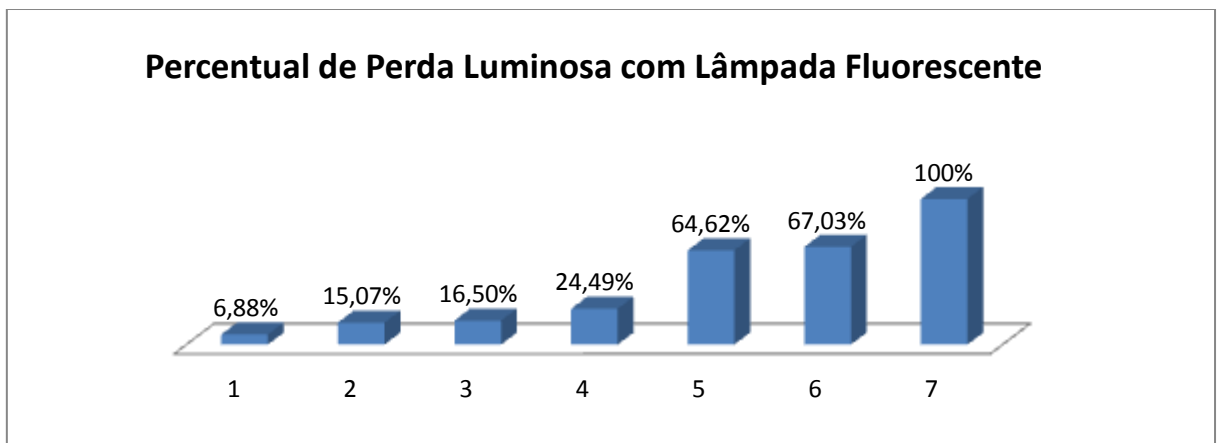
Gráfico 2 Percentual de perda luminosa com medição crescente
Fonte: Própria (2017)

Para os níveis de iluminação da lâmpada fluorescente, os dados estatísticos mostram que o iluminamento dessa lâmpada é pouco uniforme nos

primeiros dez minutos do teste, visto que, ocorre um pico de energia ao iniciar seguido de uma descida exponencial até equalizar a leitura. Os níveis de iluminação da lâmpada foram gravados conforme Gráfico 03.



Para os percentuais de iluminamento constatou-se que: dos 100% do iluminamento medido nas cores [branco, branco, branco] esse valor é reduzido para 6,88% nas cores [preto, preto, preto] e seus valores intermediários conforme Gráfico 04.



Para os níveis de iluminamento da lâmpada LED, os dados estatísticos mostram que o iluminamento dessa lâmpada não é uniforme em todo o teste, visto

que, ocorre um pico de energia ao iniciar, seguido de uma descida exponencial até equalizar a leitura na vigésima leitura. Os níveis de iluminação da lâmpada foram gravados conforme Gráfico 05.

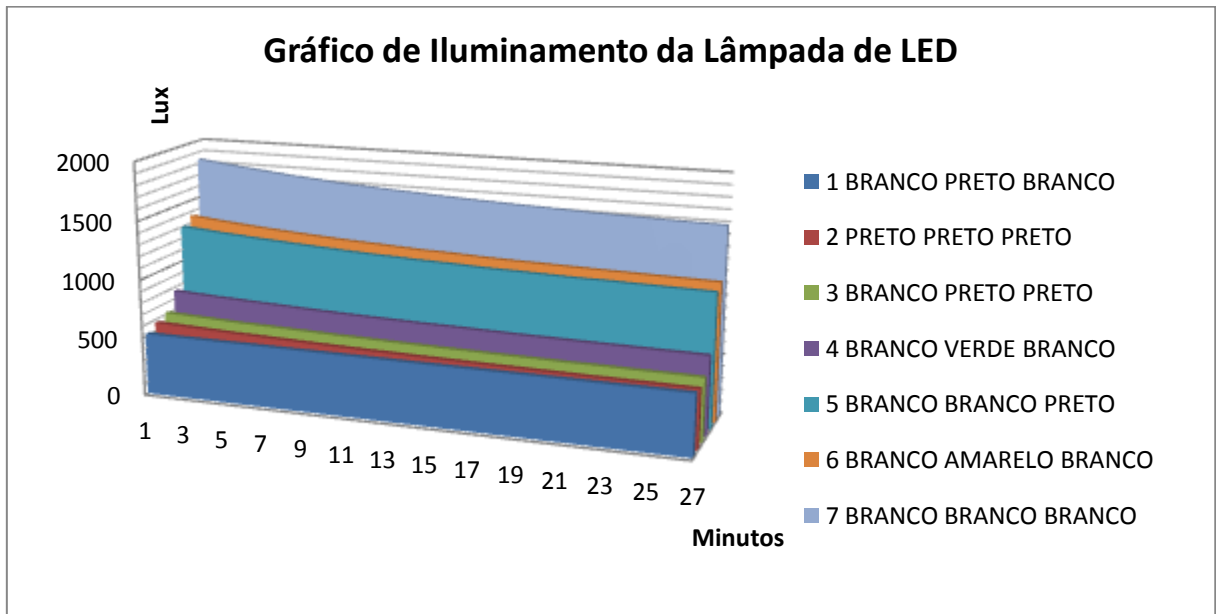


Gráfico 5 Intensidade luminosa com medição crescente
Fonte: Própria (2017)

Para os percentuais de iluminamento constatou-se que: dos 100% do iluminamento medido nas cores [branco, branco, branco] esse valor é reduzido para 12,81% nas cores [preto, preto, preto] e seus valores intermediários conforme Gráfico 06.

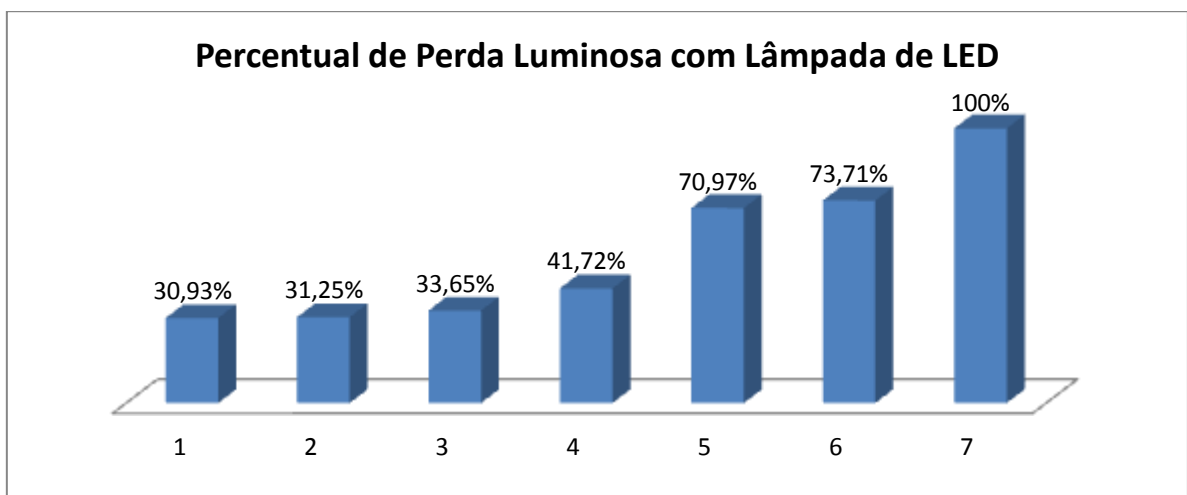


Gráfico 6 Percentual de perda luminosa com medição crescente
Fonte: Própria (2017)

Ao realizar as medições de eficiência do recinto conclui-se que, alterando as cores do teto, paredes e piso internos do armário, o iluminamento é alterado devido à absorção de energia luminosa que cada uma das cores pode proporcionar. Essa alteração do iluminamento é confirmada ao comparar com o Sistema Munsell, onde segundo seu atlas de cores, através de suas dimensões, a Luminosidade varia do branco até o preto passando por toda gama de cinza. O Tom que é o que distingue todas as cores do espectro visível, desde o violeta até o vermelho, e a Saturação, que é a pureza da cor, diferencia uma cor pura de suas tonalidades e variações. Através da visualização das variações de Luminosidade, através da troca das lâmpadas, Variações do Tom, através da troca das cores do teto, parede e piso, e variação da saturação, com a mistura aditiva de cores dos objetos internos ao armário, foi possível concluir que, a eficiência da cor aplicada ao recinto interfere significativamente na sua eficiência luminosa e consequentemente na eficiência elétrica.

5.2 TESTES DE EFICIÊNCIA LUMINOSA

Os valores que se apresentam na Tabela 07 oferecem o máximo de esclarecimentos possíveis sobre os dados coletados. Eles demonstram como a intensidade luminosa das lâmpadas incandescente, fluorescente e LED de mesma potência elétrica, são extremamente diferentes, e isso só ocorre porque a relação lm/watts de cada lâmpada testada tem suas particularidades e diferenças. Os dados do wattímetro comprovam que as potências elétricas das lâmpadas testadas são as mesmas e os dados do luxímetro comprovam a eficiência luminosa da lâmpada de led em relação a fluorescente e a incandescente.

Ao realizar os testes de Eficiência Luminosa através da coleta de dados com o luxímetro, usando três tipos de lâmpadas de mesma potência encontraram-se os resultados conforme tabelas 07.

Tabela 7 Dados coletados usando lâmpada incandescente bulbo 15W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 15W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 15W

LEITURA	LUX INC.	LUX FLU.	LUX LED	KW INC.	KW FLU.	KW LED
01	47,5	858	1828	0,015	0,015	0,015
02	47,6	937	1804	0,015	0,015	0,015
03	47,1	940	1781	0,015	0,015	0,015
04	47,6	954	1759	0,015	0,015	0,015
05	46,9	943	1739	0,015	0,015	0,015
06	46,9	910	1720	0,015	0,015	0,015
07	47,2	900	1702	0,015	0,015	0,015
08	47,4	895	1686	0,015	0,015	0,015
09	48	897	1671	0,015	0,015	0,015
10	48,1	893	1656	0,015	0,015	0,015
11	48,2	895	1642	0,015	0,015	0,015
12	48,3	897	1629	0,015	0,015	0,015
13	48,3	897	1617	0,015	0,015	0,015
14	48,2	901	1606	0,015	0,015	0,015
15	48,4	901	1595	0,015	0,015	0,015
16	48,8	900	1585	0,015	0,015	0,015
17	48,1	908	1575	0,015	0,015	0,015
18	48	907	1566	0,015	0,015	0,015
19	48,2	908	1558	0,015	0,015	0,015
20	48,2	907	1550	0,015	0,015	0,015
21	48,5	907	1543	0,015	0,015	0,015
22	48,4	906	1536	0,015	0,015	0,015
23	48,4	905	1529	0,015	0,015	0,015
24	48,8	907	1524	0,015	0,015	0,015
25	49,3	905	1518	0,015	0,015	0,015

Fonte: Própria (2017)

As diferenças de eficiência elétrica e luminosa podem ser confirmadas através dos dados estatísticos da Tabela 08.

Tabela 8 Dados estatísticos usando lâmpada incandescente bulbo 15W, 127V. Lâmpada fluorescente compacta 3U 15W, 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 15W

LEITURA	LUX INCANDESCENTE	LUX FLUORESCENTE	LUX LED
MÉDIA	48,016	907,12	1636,76
MODA	48,2	907	#N/D ²
MEDIANA	48,2	905	1617
MÁXIMO	49,3	954	1828
MÍNIMO	46,9	858	1518
DESVIO PADRÃO	0,607371386	19,22307641	93,91231726
LUX %	2,933600528	55,42168675	100

Fonte: Própria (2017)

² #N/D: Não houve moda para o conjunto de dados analisados

Os dados de iluminação da lâmpada incandescente mostram que os níveis de iluminação desta lâmpada são bem uniformes, visto que, a média, moda, mediana, valor máximo e mínimo são todos muito próximos. Isso ocorre porque a lâmpada incandescente não varia seu fluxo luminoso ao ser alimentado a rede elétrica. Os dados da lâmpada fluorescente apresentam um nível de iluminação 18,89 vezes maior que a lâmpada incandescente correspondendo a um percentual de 94,71% maior que a lâmpada incandescente, ou seja, gastando a mesma energia elétrica é possível iluminar até 18 vezes mais. Ao verificar o desvio padrão, constatou-se que existe uma leve variação dos dados coletados nos primeiros dez minutos das leituras, devido ao carregamento do circuito eletrônico desta lâmpada. Para os dados da lâmpada de led constatou-se que a mesma tem um alto nível de iluminação comparado com as outras duas lâmpadas. Para 100% de fluxo luminoso fornecido pelo LED, a lâmpada fluorescente consegue fornecer 55,42% de fluxo luminoso e a incandescente consegue fornecer apenas 2,93% desse mesmo fluxo, consumindo a mesma potência elétrica, ou seja, com 01 lâmpada de led seriam necessárias 02 lâmpadas fluorescentes ou 34 lâmpadas incandescentes.

Os níveis de iluminação e o percentual de iluminação da lâmpada foram gravados conforme os Gráficos 07, 08 e 09.

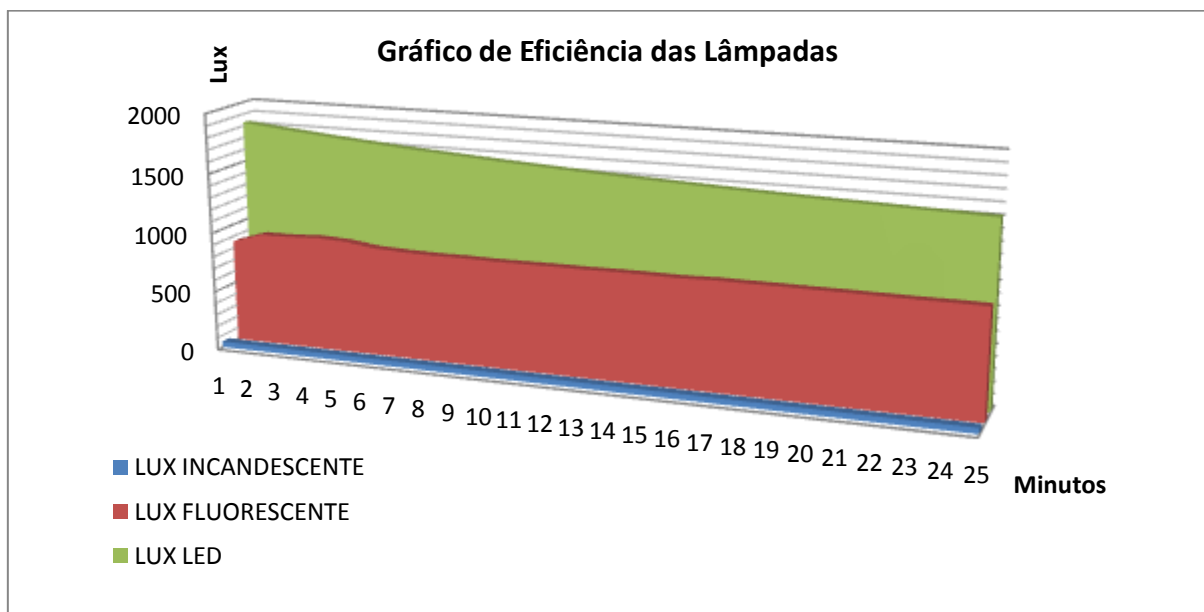


Gráfico 7 Fluxo luminoso dos testes de eficiência
Fonte: Própria (2017)

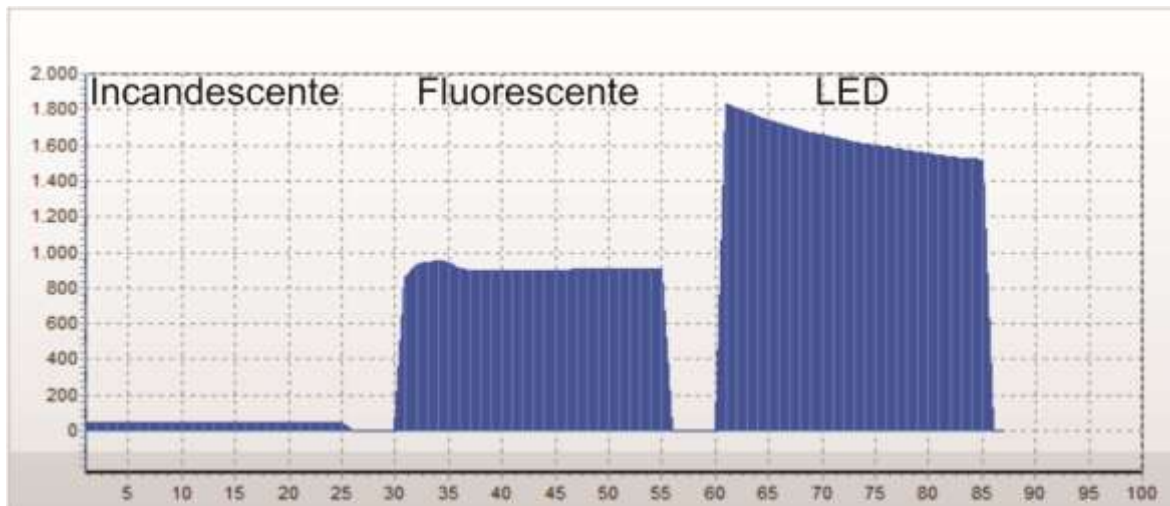


Gráfico 8 Fluxo luminoso das lâmpadas testadas
 Fonte: Própria (2017)

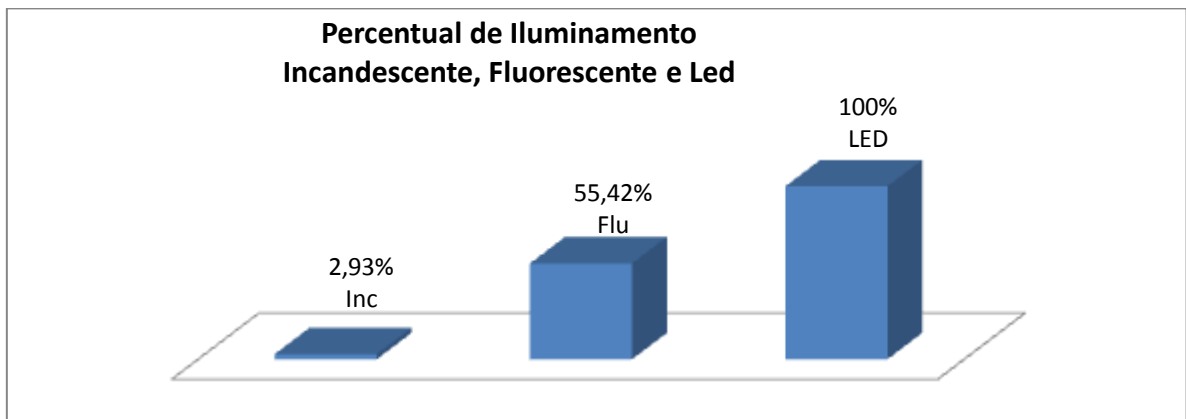


Gráfico 9 Percentual de perda luminosa no decorrer dos testes
 Fonte: Própria (2017)

5.2.1 Testes de Eficiência Luminosa Usando o Algoritmo Estruturado

Após testar e comprovar a eficiência energética das lâmpadas através de seus fluxos luminosos confrontou-se essa eficiência mais uma vez. Ao analisar um ambiente de características e dimensões já descritas no item 4.2.3.2.2, encontraram-se os resultados conforme as Figuras 25, 26 e 27.

Ambiente Calculado	Escritório de serviços gerais
Valor da área	105m ²
Comprimento Largura Altura	15m 7m 3m
Altura do plano de trabalho	0.75m
Altura da luminária ao teto	0m
Altura útil do ambiente	2.25m
Fator de área k	2.12121212121212
Refletância Teto Parede Piso	7 5 1
Tipo da Luminária	Luminária de embutir
Descrição da Luminária	Luminária refletora
Fator de Utilização	0.57
Fator de Manutenção	0.95
Valor da iluminância recomendada	500 lux
Fluxo luminoso total do ambiente	96952.9085872576 lm
Tipo da Lâmpada	Incandescente
Potência e Tensão da Lâmpada	15Watts 127Volts
Fluxo e eficiência da lâmpada	110 lm 7.33333333333333 lm/w
Quantidade lâmpadas na luminária	1
Quantidade Lâmpadas ou Luminária	882 ou 882
Arranjo das Luminárias 1ªOpção	44 comprimento 20 largura
Arranjo das Luminárias 2ªOpção	43 comprimento 21 largura

Figura 25 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada Incandescente
Fonte: Própria (2016)

Ambiente Calculado	Escritório de serviços gerais
Valor da área	105m ²
Comprimento Largura Altura	15m 7m 3m
Altura do plano de trabalho	0.75m
Altura da luminária ao teto	0m
Altura útil do ambiente	2.25m
Fator de área k	2.12121212121212
Refletância Teto Parede Piso	7 5 1
Tipo da Luminária	Luminária de embutir
Descrição da Luminária	Luminária refletora
Fator de Utilização	0.57
Fator de Manutenção	0.95
Valor da iluminância recomendada	500 lux
Fluxo luminoso total do ambiente	96952.9085872576 lm
Tipo da Lâmpada	Fluorescente compacta
Potência e Tensão da Lâmpada	15Watts 127Volts
Fluxo e eficiência da lâmpada	870 lm 58 lm/w
Quantidade lâmpadas na luminária	1
Quantidade Lâmpadas ou Luminária	112 ou 112
Arranjo das Luminárias 1ªOpção	16 comprimento 7 largura
Arranjo das Luminárias 2ªOpção	15 comprimento 8 largura

Figura 26 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada Fluorescente
Fonte: Própria (2017)

Ambiente Calculado	Escritório de serviços gerais
Valor da área	105m ²
Comprimento Largura Altura	15m 7m 3m
Altura do plano de trabalho	0.75m
Altura da luminária ao teto	0m
Altura útil do ambiente	2.25m
Fator de área k	2.12121212121212
Refletância Teto Parede Piso	7 5 1
Tipo da Luminária	Luminária de embutir
Descrição da Luminária	Luminária refletora
Fator de Utilização	0.57
Fator de Manutenção	0.95
Valor da iluminância recomendada	500 lux
Fluxo luminoso total do ambiente	96952.9085872576 lm
Tipo da Lâmpada	Led
Potência e Tensão da Lâmpada	15Watts 127Volts
Fluxo e eficiência da lâmpada	1450 lm 96.6666666666667 lm/w
Quantidade lâmpadas na luminária	1
Quantidade Lâmpadas ou Luminária	67 ou 67
Arranjo das Luminárias 1ªOpção	12 comprimento 5 largura
Arranjo das Luminárias 2ªOpção	11 comprimento 6 largura

Figura 27 Memorial de Cálculo Luminotécnico para Lâmpada de Led
Fonte: Própria (2017)

Ao analisar os dados das Figuras 25, 26 E 27, constatou-se que é possível economizar energia elétrica ao escolher lâmpadas mais eficientes. Os memoriais de cálculos luminotécnicos simulam o mesmo ambiente para os três tipos de lâmpadas, onde calcularam 882 lâmpadas incandescentes ou 112 lâmpadas fluorescentes ou ainda, 67 lâmpadas de LED, todas de mesma potência elétrica. Com isso verificou-se que o algoritmo para cálculo luminotécnico utilizando o método dos lumens é essencial para encontrar a melhor eficiência do recinto, uma vez que, a ferramenta calcula e entrega os resultados fazendo apenas perguntas ao projetista, possibilitando realizar uma série de testes antes de concluir o projeto luminotécnico do ambiente.

Ao realizar as medições de eficiência das lâmpadas, conclui-se que a relação lm/watts de um aparelho de iluminação é primordial para eficiência energética. Pode-se afirmar que, ao analisar os níveis de iluminamento que as lâmpadas testadas proporcionaram com o mesmo consumo de energia, foi possível iluminar quarenta vezes mais com lâmpada de LED em relação a incandescente e até duas vezes mais com lâmpada de LED em relação a fluorescente. Isso se dá ao fato que as novas lâmpadas estão equipadas com tecnologias com base em estados sólidos, circuitos integrados e microeletrônica, todas formadas a base de dopagem de cristais. E o LED é um bom exemplo dessas novas tecnologias. Rezende (2012, p. 282), afirma que a forma mais tradicional de gerar a luz é a partir de corrente elétrica que passa por um fio metálico, os átomos do metal entram em vibração devido às colisões dos elétrons da corrente. Isso resulta em aquecimento do fio e também em radiação eletromagnética produzindo luz em diversas faixas espectrais através do processo de luminescência. O funcionamento do diodo emissor de luz, o LED, é baseado numa forma especial de eletroluminescência, produzida pela injeção de portadores numa junção p-n, e é nesse tipo de tecnologia, junções e lacunas que é possível manipular baixas correntes com um bom rendimento. Nas lâmpadas incandescentes, apenas 13% da energia elétrica é convertida em energia luminosa, confirmando os dados coletados no luxímetro sobre a baixa eficiência desse tipo de lâmpada. Ao comparar as lâmpadas incandescente, fluorescente e led no algoritmo, através do programa estruturado, conclui-se que, são necessárias 882 lâmpadas incandescentes, ou 112 lâmpadas fluorescentes, ou 67 lâmpadas de led para iluminar um mesmo ambiente de 105m².

5.3 TESTES DE TEMPERATURA DA COR

Ao realizar os testes de Temperatura da Cor através da coleta de dados com o luxímetro e fotografando internamente o armário, usando câmera digital em alta definição, constatou-se que a temperatura de cor da lâmpada altera o IRC das mesmas e conseqüentemente, as cores dos objetos fotografados conforme as imagens das Figuras 28 e 29.

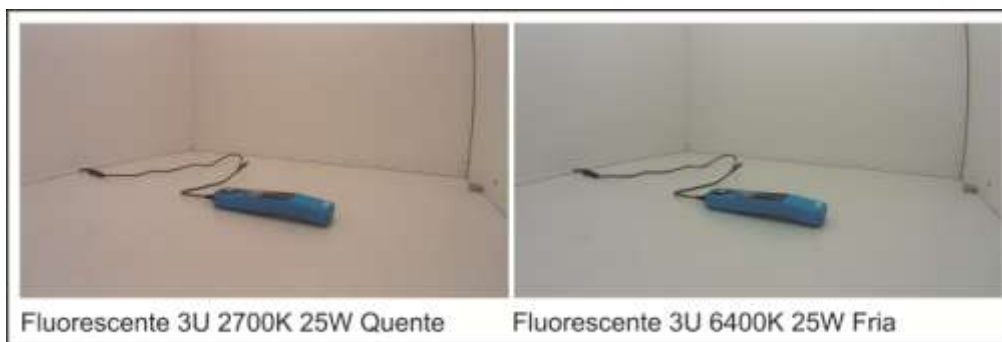


Figura 28 IRC de lâmpada fluorescente compacta 25W

Fonte: Própria (2017)



Figura 29 IRC de lâmpada de LED 11W

Fonte: Própria (2017)

Essa mudança ocorre porque essas variações são conduzidas ao cérebro através dos olhos, alcançando os bastonetes e os cones. Conforme Moreira (2012, p. 259), “os bastonetes são células da retina, que têm a capacidade de reconhecer a luminosidade e os cones localizados na fóvea, são as células do olho humano que têm a capacidade de reconhecer as cores”. No cristalino a íris controla a quantidade de luz que entra nos olhos e nem sempre essa variação é perceptível ao olho humano, porém com a câmera de alta definição foi possível perceber as nuances de variação luminosa e com o luxímetro foi possível registrar essas variações. Os níveis de iluminação foram gravados conforme Tabela 09.

Tabela 9 Dados coletados usando lâmpada fluorescente compacta 3U, 25W, 2700K e 6400K 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 11W, 3000K, 4000K e 6500K.

LEITURA	FLU 2700K	FLU 6400K	LED 3000K	LED 4000K	LED 6500K
01	1126	1508	922	1065	1640
02	1176	1608	916	1042	1604
03	1179	1584	911	1022	1574
04	1148	1528	907	1005	1549
05	1121	1483	903	990	1528
06	1094	1446	900	978	1511
07	1078	1438	896	965	1495
08	1065	1467	893	956	1482
09	1078	1467	891	947	1471
10	1078	1458	889	939	1461
11	1079	1453	886	932	1453
12	1080	1445	884	926	1446
13	1076	1445	883	920	1439
14	1077	1440	880	916	1434
15	1076	1434	879	912	1429
16	1079	1430	878	908	1425
17	1076	1426	876	904	1419
18	1067	1427	875	902	1416
19	1066	1423	875	899	1412
20	1061	1419	873	896	1409
21	1060	1415	872	895	1405
22	1060	1413	871	893	1402
23	1061	1414	871	891	1402
24	1063	1411	870	890	1402
25	1063	1411	870	888	1401
26	1062	1409	869	887	1399
27	1064	1410	869	886	1397

Fonte: Própria (2017)

Ao analisar os dados da Tabela 09, verificou-se que, quanto maior é a temperatura de cor da lâmpada maior será seu fluxo luminoso, mesmo que essas lâmpadas tenham a mesma potência elétrica.

Ao analisar o percentual de iluminamento da lâmpada fluorescente de 2700K verificou-se que a mesma tem uma capacidade de iluminamento de 74,75% comparado-a com a lâmpada fluorescente de 6400K, ou seja, com lâmpadas de mesma potência elétrica e o mesmo fluxo luminoso gravado em suas embalagens, ao analisar os dados estatísticos verificou-se que a lâmpada fluorescente compacta de 6400K ilumina mais que a de 2700K. O mesmo ocorre com as lâmpadas de LED. Ao analisar os dados estatísticos verificou-se que a lâmpada de LED de 6500K também conhecida como luz fria, iluminou o mesmo ambiente mais que a lâmpada de led de 4000K, conhecida como luz suave. A iluminação suave apresentou um percentual luminoso de 64,08% comparado com a lâmpada de 6500K. Já a lâmpada de LED de 3000K comparado com a de 6500K apresentou um percentual de

iluminamento de 60,67% perdendo pouco menos da metade da energia luminosa consumindo a mesma potência elétrica conforme dados estatísticos da Tabela 10.

Tabela 10 Dados estatísticos usando lâmpada fluorescente compacta 3U, 25W, 2700K e 6400K 127V. Lâmpada de LED bulbo bivolt 11W, 3000K, 4000K e 6500K

ESTATÍSTICA	FLU 2700K	FLU 6400K	LED 3000K	LED 4000K	LED 6500K
MÉDIA	1085,6666	1452,2962	885,5185	935,3333	1459,444
MODA	1078	1467	875	³ #N/D	1402
MEDIANA	1076	1438	880	916	1434
MÁXIMO	1179	1608	922	1065	1640
MÍNIMO	1060	1409	869	886	1397
DESVIO PADRÃO	34,02939905	51,11812475	15,60663	51,22725	67,78321
LUX %	74,75517699	100	60,67504	64,08831	100

Fonte: Própria (2017)

Os dados de leitura máxima para as três lâmpadas de led tem o mesmo resultado das primeiras leituras da Tabela 08 colunas LED3000K, LED 4000K e LED 6500K, assim também ocorre para leitura mínima, comprovando que essas lâmpadas ao serem acionadas provocam um pico luminoso e em seguida decaem exponencialmente conforme Gráficos 10.

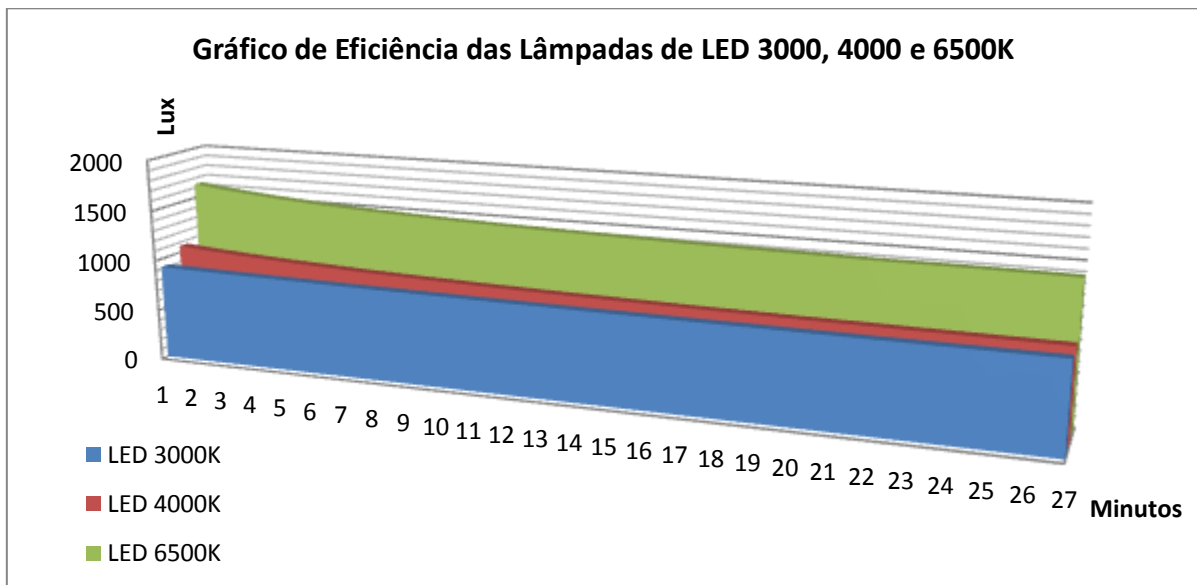


Gráfico 10 Fluxo luminoso 3000, 4000 e 6500K LED

Fonte: Própria (2017)

³ #N/D: Não houve moda para o conjunto de dados analisados.

Verificou-se um pico de energia luminosa seguido de um vale para os primeiros dez minutos de leitura da lâmpada fluorescente conforme Gráfico 11. Esse fenômeno é comum devido o carregamento dos circuitos eletrônicos e foi encontrado em todas as lâmpadas fluorescentes testadas.

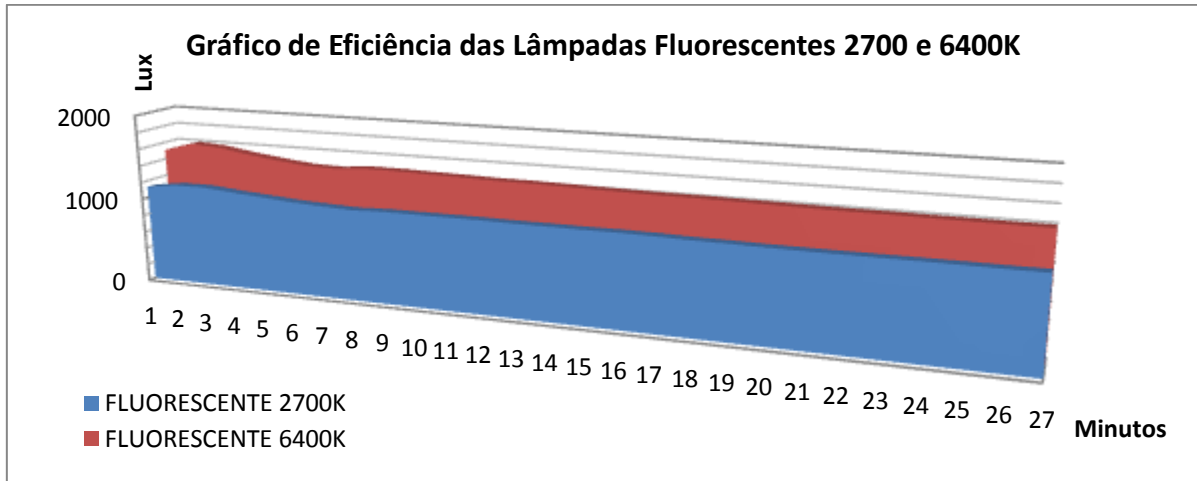


Gráfico 11 Fluxo luminoso 2700 e 6400K Fluorescente
Fonte: Própria (2017)

Em seguida verificou-se o percentual de perda luminosa das lâmpadas testadas, onde constatou-se uma perda luminosa de 25,25% de energia luminosa na lâmpada fluorescente de 2700K comparado com a de 6400K, ambas de mesma potência elétrica e constatou-se uma perda luminosa de 39,33% na lâmpada de LED 3000K e 35,92% na lâmpada de LED 4000K, ambas de mesma potência elétrica e comparadas a lâmpada de LED 6500K conforme Gráfico 12.

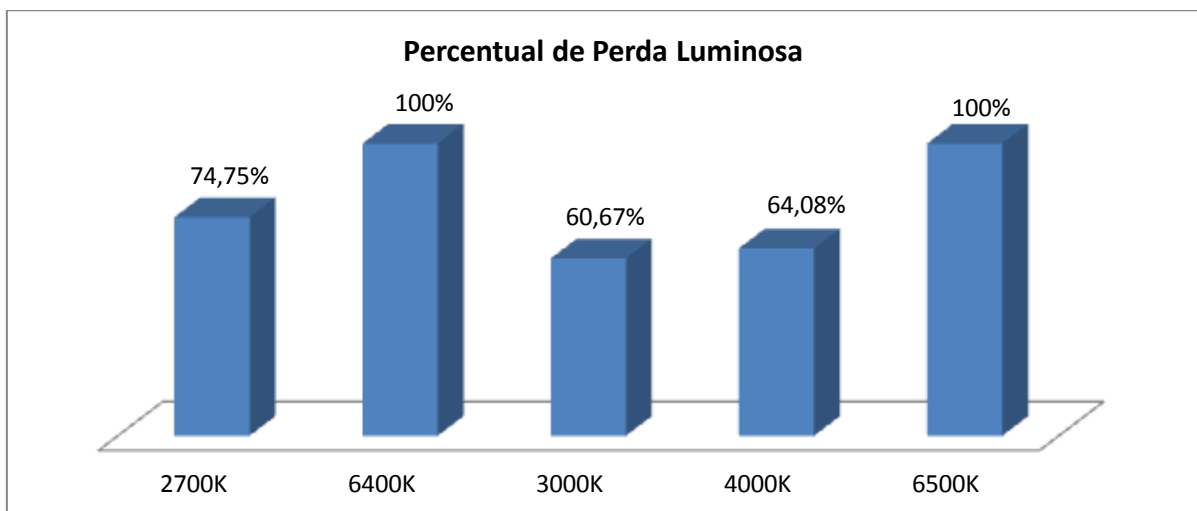


Gráfico 12 Percentual de perda luminosa Fluorescente e LED
Fonte: Própria (2017)

Ao realizar os testes de Temperatura da Cor conclui-se que, a temperatura de cor da lâmpada altera o IRC do aparelho de iluminação e conseqüentemente, as cores dos objetos, ao verificar as imagens fotografadas no armário percebeu-se cores quentes, suaves e frias conforme descrito na norma e nas literaturas. Cada temperatura de cor tem seu comprimento de onda específico, com isso, as lâmpadas de mesma potência elétrica e mesmo fabricante, porém com temperaturas de cores diferentes, apresentaram diferenças de iluminamento. Isso ocorre porque a luz branca é resultado aditivo das cores vermelha, verde e azul (rgb) e seus respectivos comprimentos de onda. Ao refletir todas as cores que são incididas, não ocorre a absorção de energia através da cor, pois todas estão sendo refletidas. Com isso a luz branca fria na faixa de 6500K tem uma melhor eficiência luminosa, pois não absorve energia proveniente de outra fonte ou cores. Ao somar essas frequências, a portadora principal apresenta uma grande energia luminosa diminuindo nas proporções de suave para 4000K e quentes para 2700 ou 3000K. Segundo Brevigliero; Possebon; Espinelli, (2009, p. 326) a luz que conhecemos como branca é formada por ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda, as quais se situam dentro do intervalo visível de 380nm a 780nm, que contém todas as cores do arco-íris. Com isso afirma-se que, não somos capazes de visualizar todos os componentes cromáticos da luz branca, devido a inoperância de nosso cérebro para distinguir cada cor isoladamente, ele registra o efeito aditivo dos componentes, assim podendo distinguir as temperaturas de cor desde os 2000 até os 6000K. Também se conclui que objetos expostos à luz amarela apresentaram um alto IRC, isso se deu ao fato que nossos olhos têm uma melhor acuidade visual na frequência da cor amarela, que é a que se assemelha a cor do sol.

5.4 TESTES DE ILUMINAÇÃO DIRETA, SEMIDIRETA, INDIRETA E DIFUSA.

Ao realizar os testes de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa através da coleta de dados com o luxímetro e fotografando internamente o armário,

usando câmera digital em alta definição constatou-se que o iluminamento interno do armário é alterado ao experimentar cada tipo de iluminação conforme Figura 30.



Figura 30 Tipos de Iluminação

Fonte: Própria (2017)

Os resultados ocorreram conforme descrito por Creder (2005, p.167) onde, a iluminação direta alcançou de 80 a 100% do objeto e provocou zona de sombra no entorno. A iluminação Semidireta alcançou de 60 a 80% do objeto. A iluminação Difusa alcançou 100% do ambiente sem deixar zonas de sombra no entorno e a iluminação Indireta alcançou de 10 a 20% do ambiente provocando baixa iluminação. Os níveis de iluminamento para cada tipo de iluminação foram gravados conforme Tabela 11.

Conclui-se que os testes de Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa são primordiais para a saúde e a segurando das pessoas que realizam atividades em seus postos de trabalho, residências e locais públicos. É através do tipo de iluminação que ocorre a eficiência produtiva da atividade realizada. Ao realizar os testes constatou-se variação nos níveis de iluminamento conforme publicado por literaturas luminotécnicas vigentes. A iluminação difusa apresentou um bom iluminamento e espalhamento da luz no ambiente. A iluminação direta apresentou um iluminamento de 81,55%, a semidireta apresentou um iluminamento de 71,67% e a indireta apresentou um iluminamento de 21,78%, todos comparados com a energia luminosa máxima aplicada ao armário, confirmando a literatura consultada.

Tabela 11 Dados coletados usando Iluminação Direta, Semidireta, Indireta e Difusa

Leituras	Indireta	Semidireta	Direta	Difusa
1	389	1276	1455	1836
2	387	1268	1446	1816
3	385	1261	1440	1796
4	382	1254	1431	1779
5	381	1246	1423	1761
6	378	1240	1413	1744
7	377	1235	1407	1731
8	374	1230	1402	1715
9	373	1225	1394	1703
10	372	1219	1389	1694
11	369	1215	1380	1682
12	368	1209	1375	1674
13	367	1205	1370	1664
14	365	1201	1363	1656
15	364	1195	1358	1647
16	359	1192	1354	1641
17	358	1187	1347	1633
18	357	1185	1342	1628
19	356	1179	1339	1622
20	355	1177	1333	1617

Fonte Própria (2017)

Após a análise dos dados foi realizado os dados estatísticos conforme Tabela 12, e confirmado os percentuais de iluminação.

Tabela 12 Dados estatísticos

Estatística	Indireta	Semidireta	Direta	Difusa
Média	370,8	1219,95	1388,05	1701,95
⁴ Moda	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Mediana	370,5	1217	1384,5	1688
Máximo	389	1276	1455	1836
Mínimo	355	1177	1333	1617
Desvio Padrão	10,7585951	30,5122495	37,9133	67,8190122
Lux	21,786774	71,6795441	81,55645	100

Fonte: Própria (2017)

Após a análise dos dados estatísticos confirmou-se os percentuais de iluminação para cada tipo de iluminação, conforme literaturas vigentes. Verificou-se que a iluminação difusa alcançou um maior nível de iluminação, seguida da

⁴ #N/D: Não houve moda para o conjunto de dados analisados.

iluminação direta, semidireta e finalizando com menor nível de energia luminosa a iluminação indireta conforme Gráficos 13 e 14.

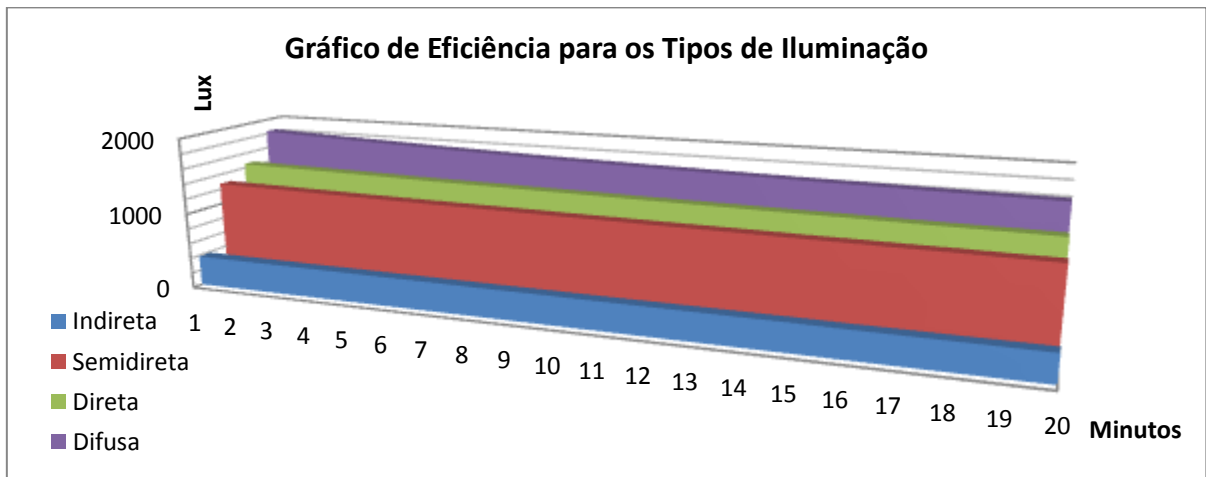


Gráfico 13 Fluxo luminoso dos tipos de iluminação
Fonte: Própria (2017)

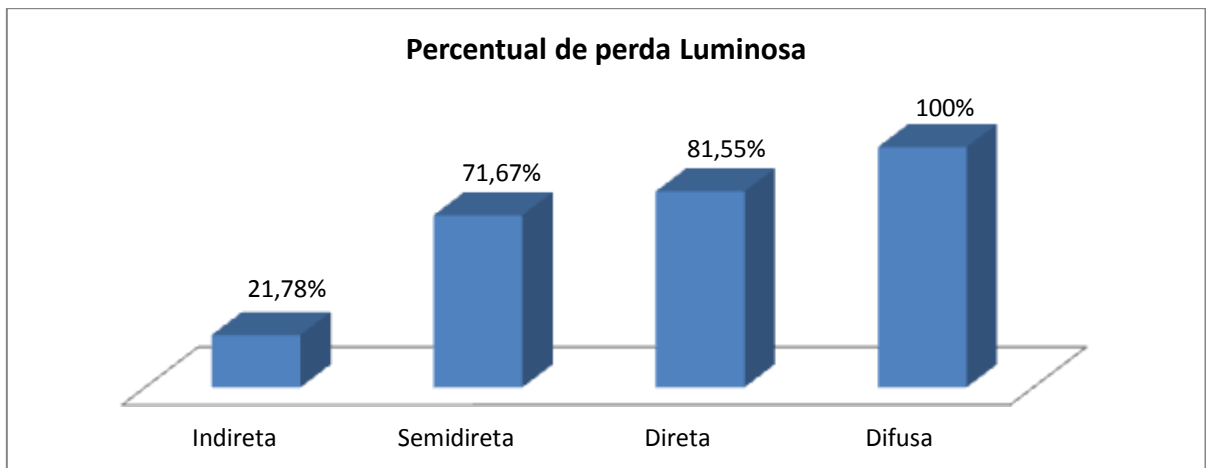


Gráfico 14 Percentual de perda dos tipos de iluminação
Fonte: Própria (2017)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho através das pesquisas e coletas de dados, no decorrer do seu desenvolvimento, teve muitas descobertas e desenvolvimentos, atingindo os objetivos ao construir o armário luminotécnico, instalar o luxímetro em seu interior e realizar as diversas leituras luminotécnicas. Realizaram-se medições pertinentes à NBR ISO 8995-1 de 2013, como as do item 4.2 da referida norma, distribuição da iluminação, entre outras.

Ao finalizar todos os testes conclui-se que, buscar eficiência elétrica requer alcançar vários objetivos, onde esse círculo de conquistas depende da escolha de cores mais claras ao pintar e ornamentar paredes, teto, piso, móveis e objetos dentro dos ambientes, aumentando assim a refletância e diminuindo a absorvância, também requer a escolha de um bom aparelho de iluminação em que a relação lumens/watts esteja na faixa mais alta possível, podendo assim iluminar mais, ao associar essa relação com a escolha certa do tipo de iluminação para cada atividade realizada, evitando assim cintilação, estroboscopia, zonas de sombra, baixo iluminamento e conforto luminoso, ou seja, a eficiência elétrica vem da eficiência do recinto e da eficiência luminosa, proporcionando saúde aos usuários e eficiência no trabalho realizado.

REFERÊNCIAS

ABNT ISO 8995/1 – Iluminação de Ambientes de Trabalho. Parte 1: Interior – 2013.

ABNT 5413 - Iluminância de Interiores. 1992.

ABNT 5482 - Verificação de iluminância de interiores. 1985.

BARROS; Benjamim F.; BORELLI Reinaldo; GEDRA, Luis R. **Gerenciamento de Energia: Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2010.

BREVIGLIERO, Ézio; POSSEBON José; SPINELLI; Robson. **Higiene Ocupacional: Agentes Biológicos, Químicos e Físicos** 4ª Ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Conforme Norma NBR 5410: 2004**. 21. ed. São Paulo: Érica, 2011.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2009.498 p. ISBN 9788576052081

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC,2013. ISBN 85-216-1299-0.

GARCIA JUNIOR, Eraldo. **Luminotécnica. (Coleção Estude e Use. Serie Instalações Elétricas)**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 1996.

História do Visualg. Disponível em:

<http://site.livrariacultura.com.br/imagem/capitulo/42090568.pdf>. Acesso em 23 Maio de 2017. 22:20 hs.

Lâmpadas Golden Iluminando um Mundo Melhor. Disponível em: <http://www.golden.blog.br/entenda-esta-na-embalagem-da-lampada>. Acesso em 02 Jul 2016.

LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de instalações elétricas prediais.** 5, 6 e 12.ed. São Paulo: Érica, 2000, 2001, 2013. 254p, 256 p.. (Coleção estude e use: série instalações elétricas)

Lumicenter Informações Técnicas. Disponível em:

http://www.lumicenteriluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumicenter.pdf. Acesso em 02 Jul 2016.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais.** 8ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012.

MOREIRA, Maurício A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 4ª Ed. Viçosa MG. 2012.

MOREIRA, Vinicius A. **Iluminação Elétrica.** 1ª Ed., 3ª reimp. São Paulo: Edgard Blucher, 1999 e 2008.

NERY, Norberto. **Instalações Elétricas: Princípios e Aplicações.** 2ª ed. São Paulo: Érica, 2012

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald J. Luiz Sebastião Costa (Colaborador). **Instalações Elétricas.** 6ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

Nova Eletrônica. Disponível em:

<http://novaeletronica.com.br/circuito-de-lampada-de-leds/> (acesso em 05/06/2017)

REZENDE, Sergio M. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos.** 3ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

ANEXOS

ANEXO A – Certificado de calibração do luxímetro


Instrusul
 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Certificado de Calibração nº 19181/2016

Objeto: Luxímetro Digital Folha 1/1

Nº de autenticação: ---

Fabricante: Minipa Modelo: MLM-1020 Série: MLM1020000405J

Cliente: Zenecir Simonetto
Alameda La Cibelles, 271. Medianeira - PR.

Data da calibração: 31/05/2016 Data da emissão: 31/05/2016

Procedimento: Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o MT 002 ed. 01 rev.01.

Padrões Utilizados:
- Medidor de Intensidade Luminosa com certificado de calibração RBC 67.966/2015 - Validade: 04/2018

Condições Ambientais: Temperatura: 23 ± 3°C Umidade Relativa do Ar: entre 35 e 70%

Incerteza de Medição: Vide tabela de resultados para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

RESULTADOS OBTIDOS

CALIBRAÇÃO

	Escala de Medição: 2000 lux				
VM (lux)	399,00	762,00	1164,00	1537,00	1763,00
VVC (lux)	390,00	750,00	1150,00	1520,00	1740,00
EM (lux)	9,00	12,00	14,00	17,00	23,00
IM (%)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

CONVENÇÕES	
VVC	Valor Verdadeiro Convencional
VM	Valor Médio de cada ponto
EM	Erro de Medição (VM - VVC)
IM	Incerteza de Medição, para um nível de confiança de 95 %.



Fernando Kauer
Responsável Técnico
CREA: RS177080

- Este certificado não tem valor para fins da metrologia legal e se limita exclusivamente ao objeto calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
 - Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.

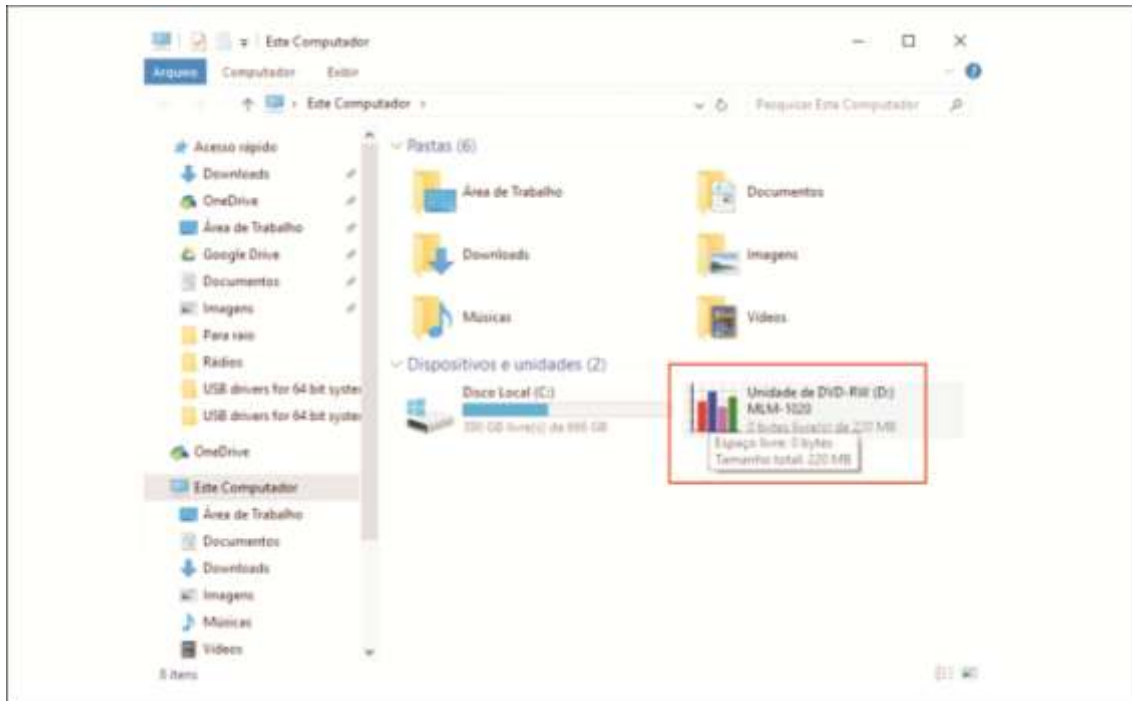
instrusul@instrusul.com.br

Rua Padre Claret, 863 - CEP 93280-260 - Centro - Estelo - Fone 51 3459.6491

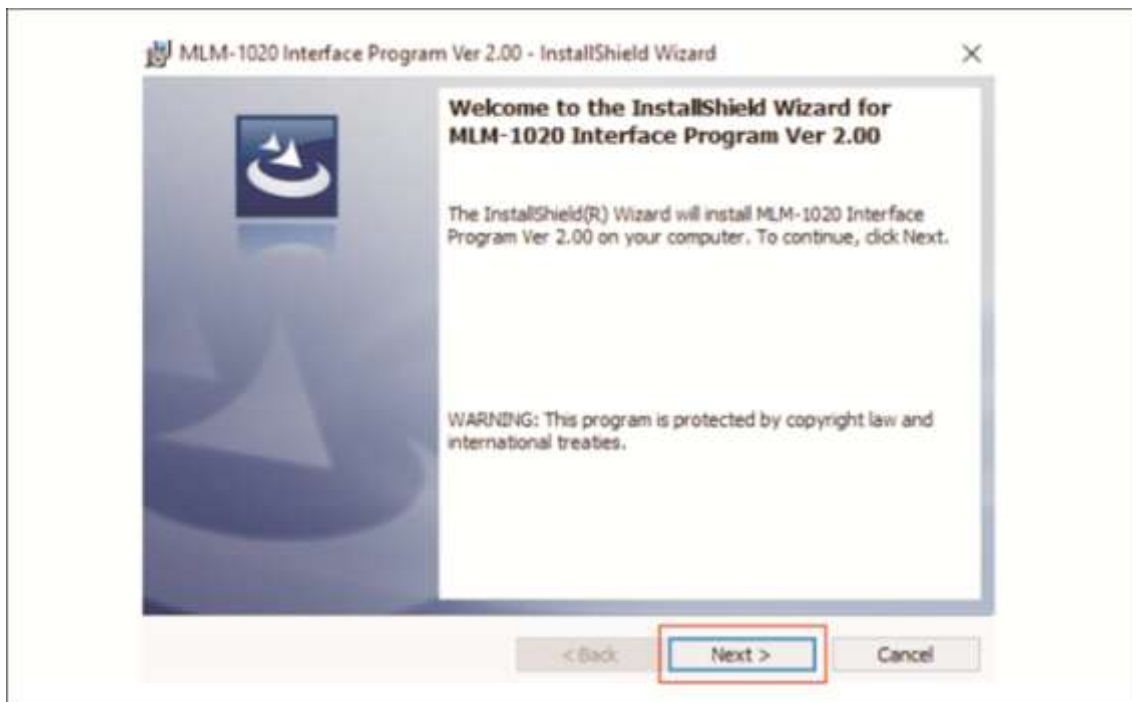
www.instrusul.com.br

ANEXO B – Instalação do Software do Luxímetro

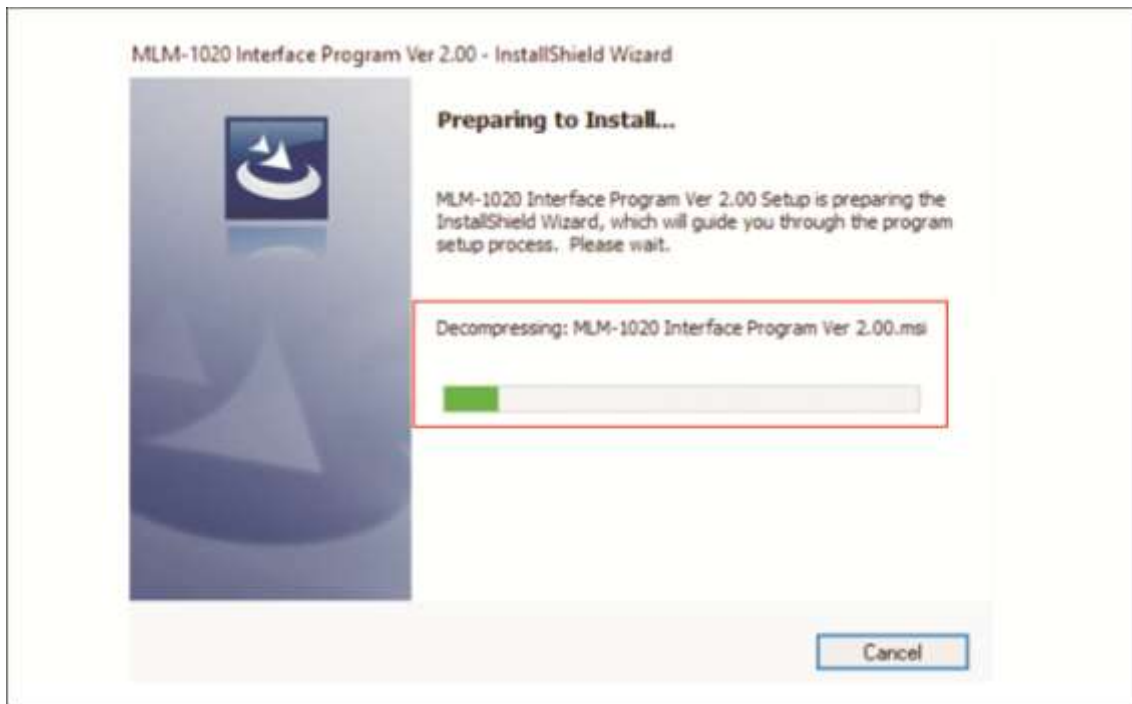
1º Inserir o cd no diretório de leitura.



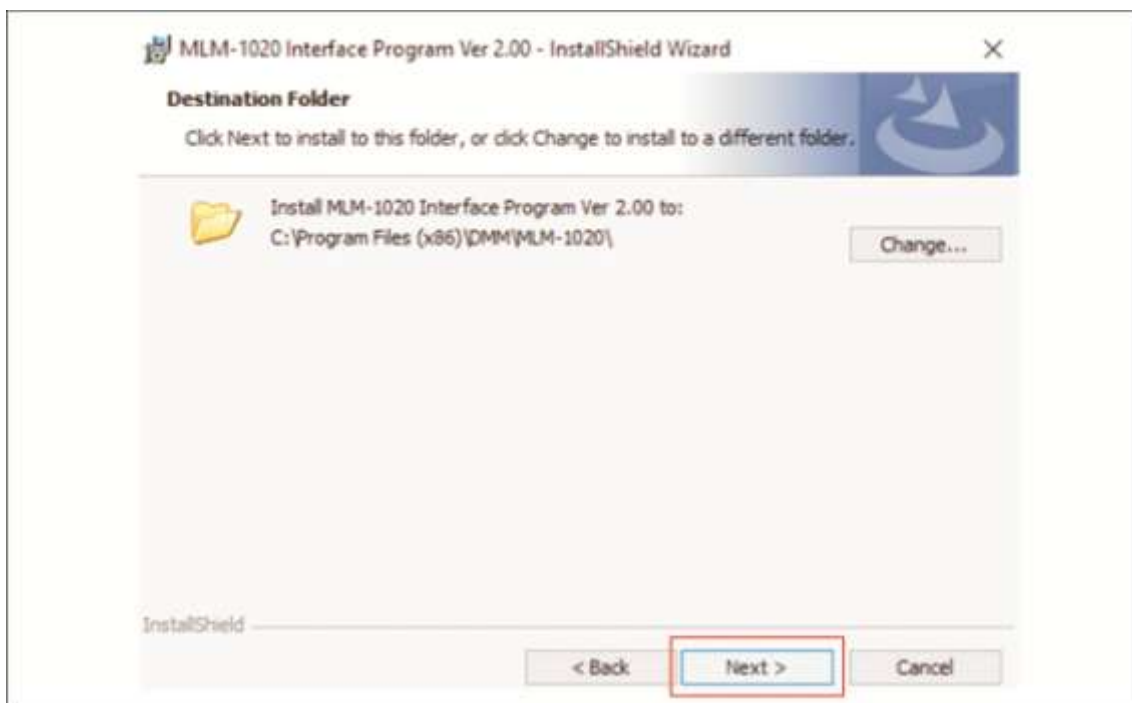
2º Confirmar a solicitação de início da instalação.



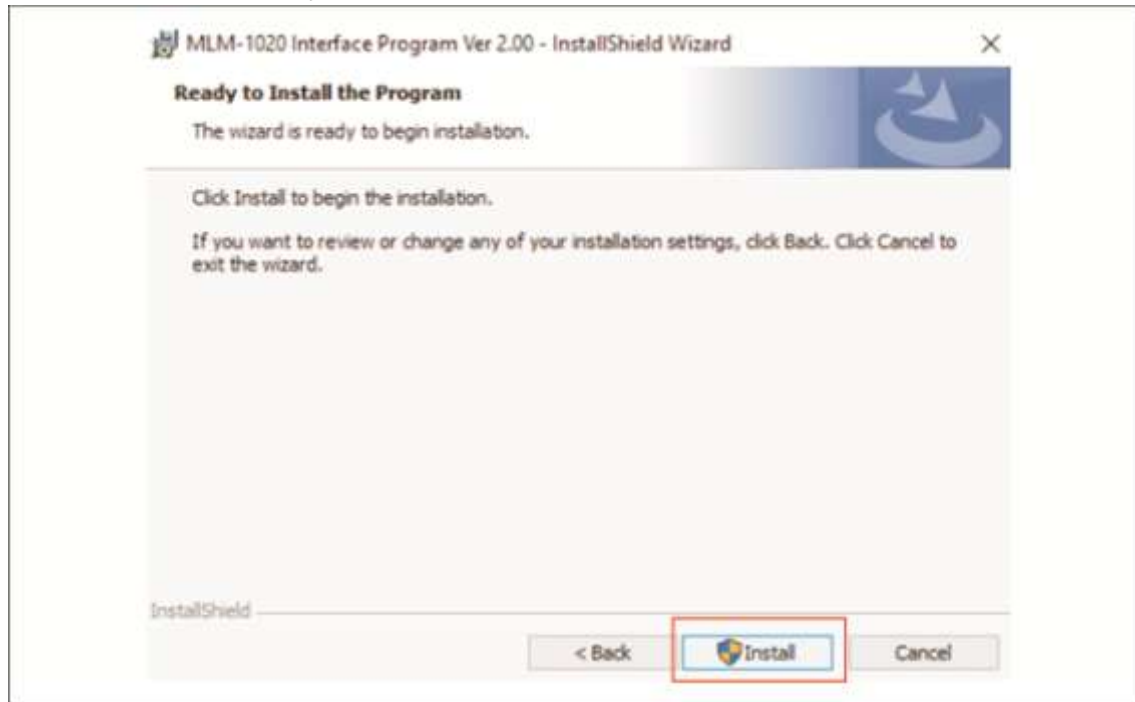
3º Aguardar o andamento da instalação.



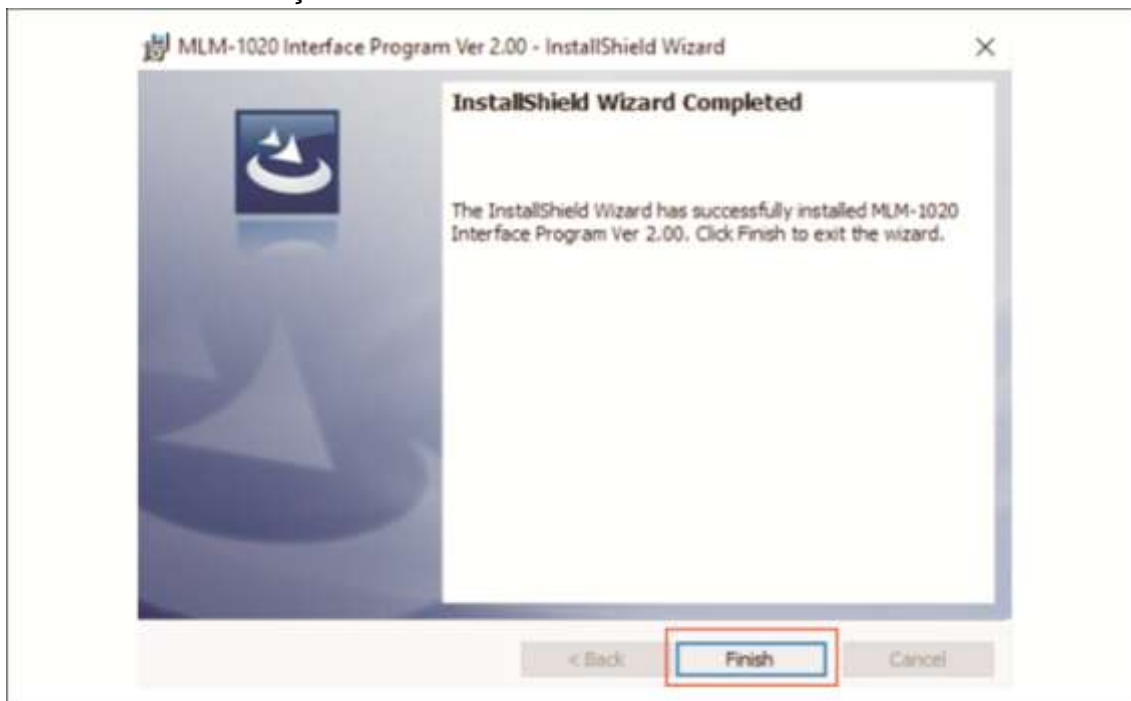
4º Confirmar a solicitação do início da transferência do driver de instalação.



5° Confirmar a instalação do software.



6° Finalizar a instalação do software.

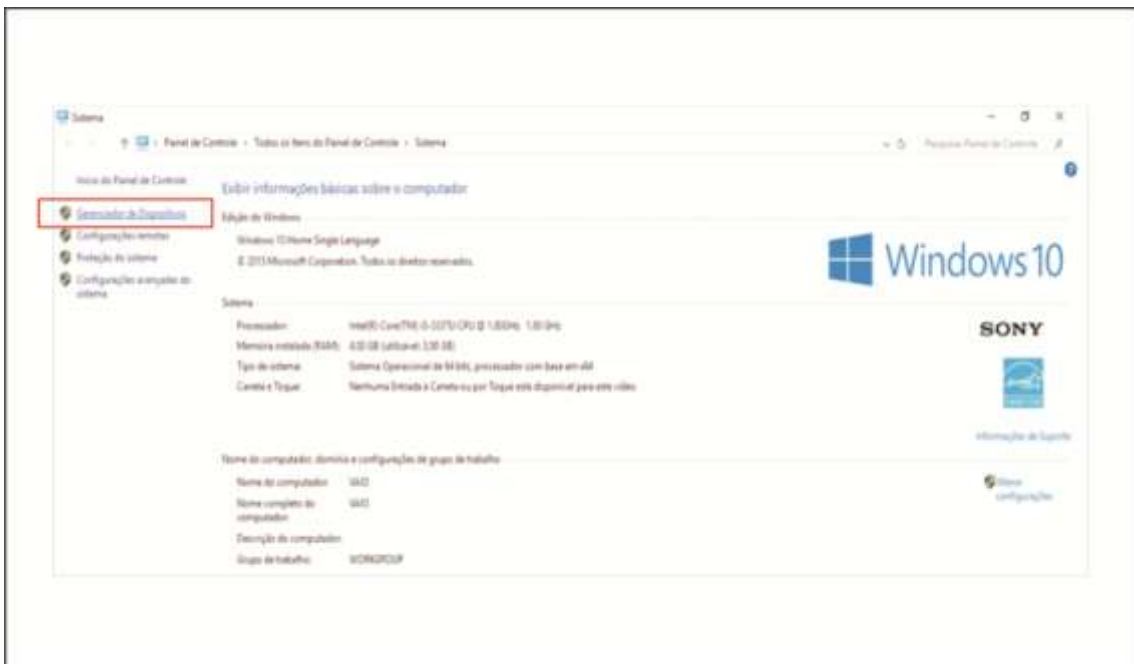


ANEXO C - Configuração do Driver do Luxímetro

1º Clicar com o botão direito do mouse no ícone meu computador e clicar em propriedades.



2º Na tela de sistema do Windows clicar na linha gerenciador de dispositivo.



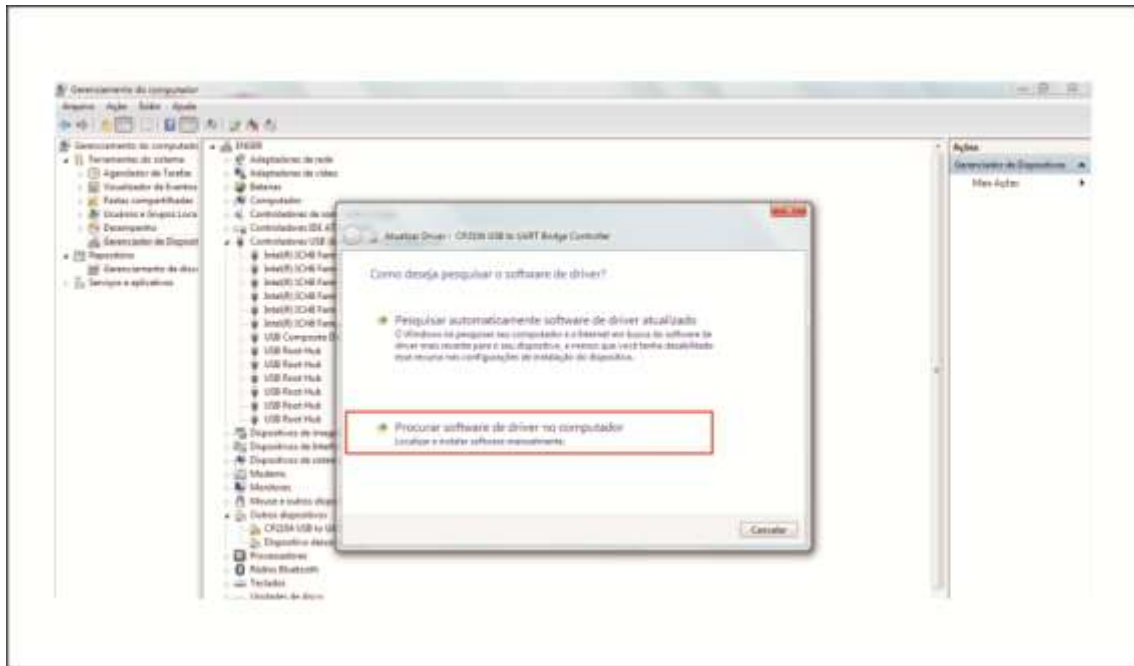
3º Na tela do gerenciador de dispositivo clicar na linha outros dispositivos.



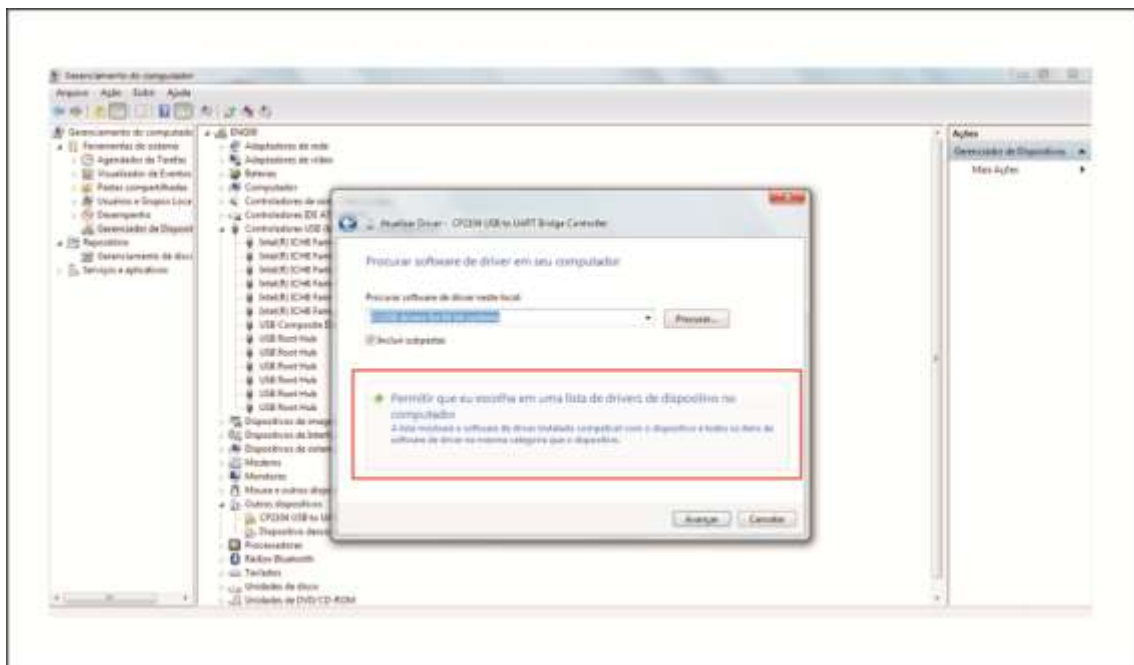
4º Com o botão direito do mouse clicar em atualizar driver no subitem de outros dispositivos CP2104 USB to UART Bridge Controller.



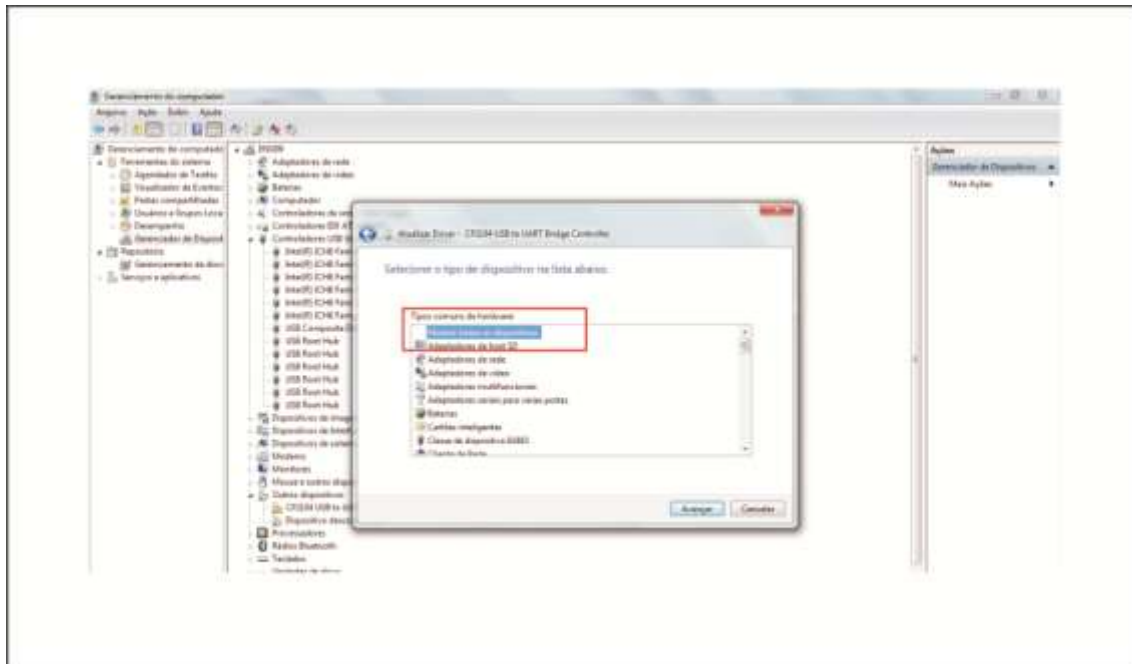
5º Na tela atualizar driver clicar em localizar e instalar software manualmente.



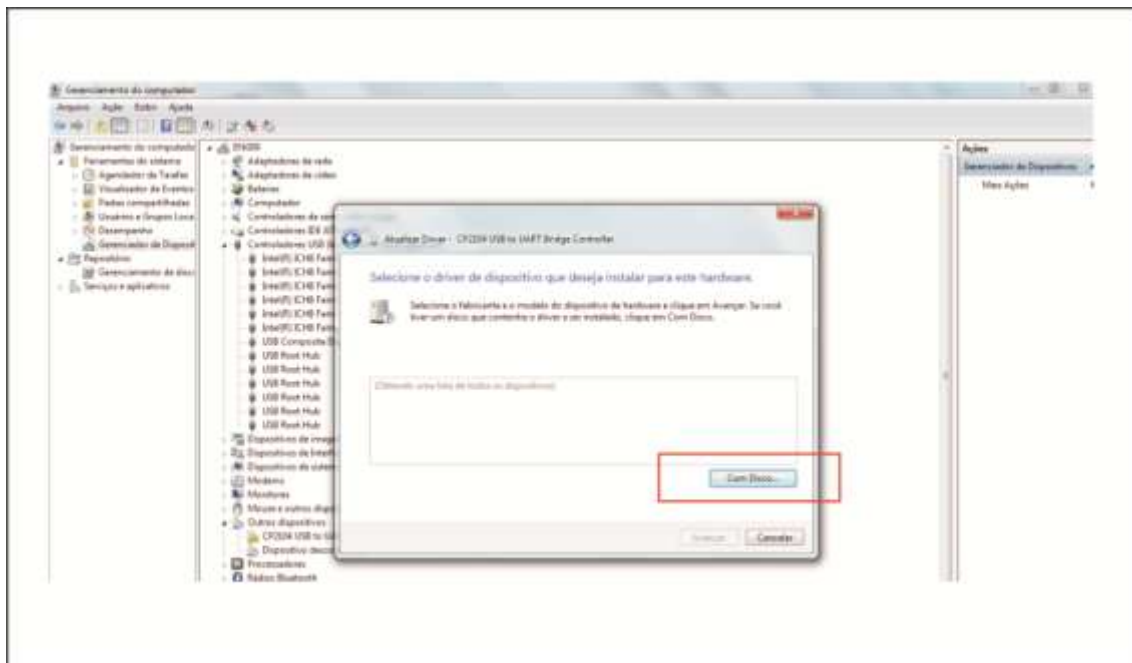
6º Na tela procurar software escolher em uma lista de drivers de dispositivos no computador.



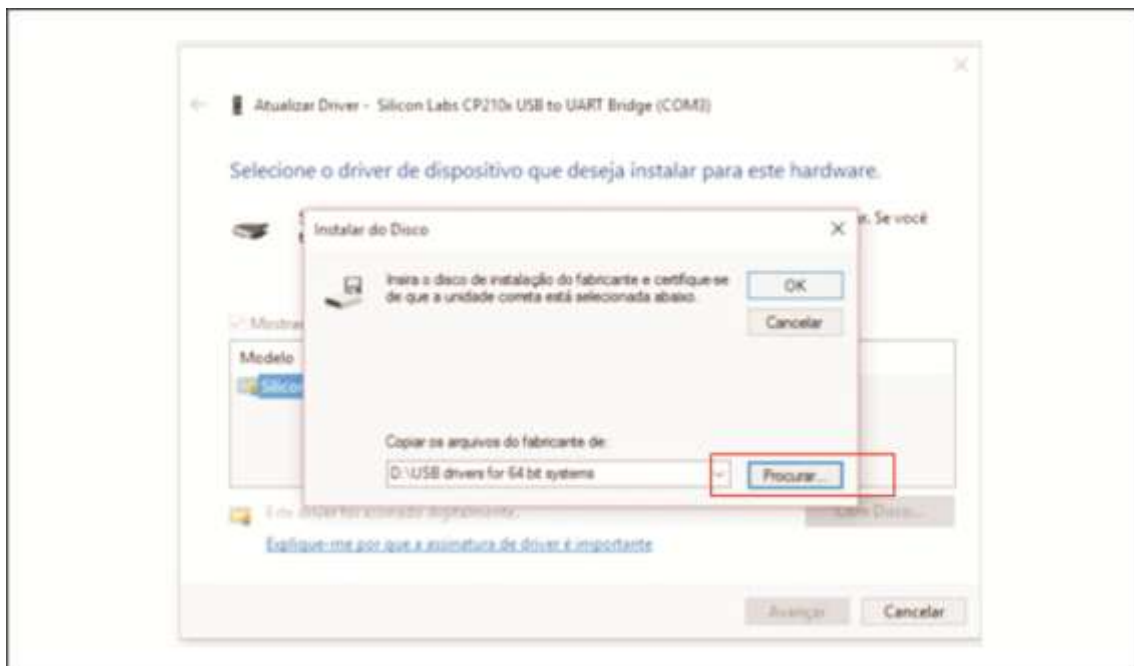
7º Na tela exibir a lista de dispositivos, clicar em “Todos os dispositivos”.



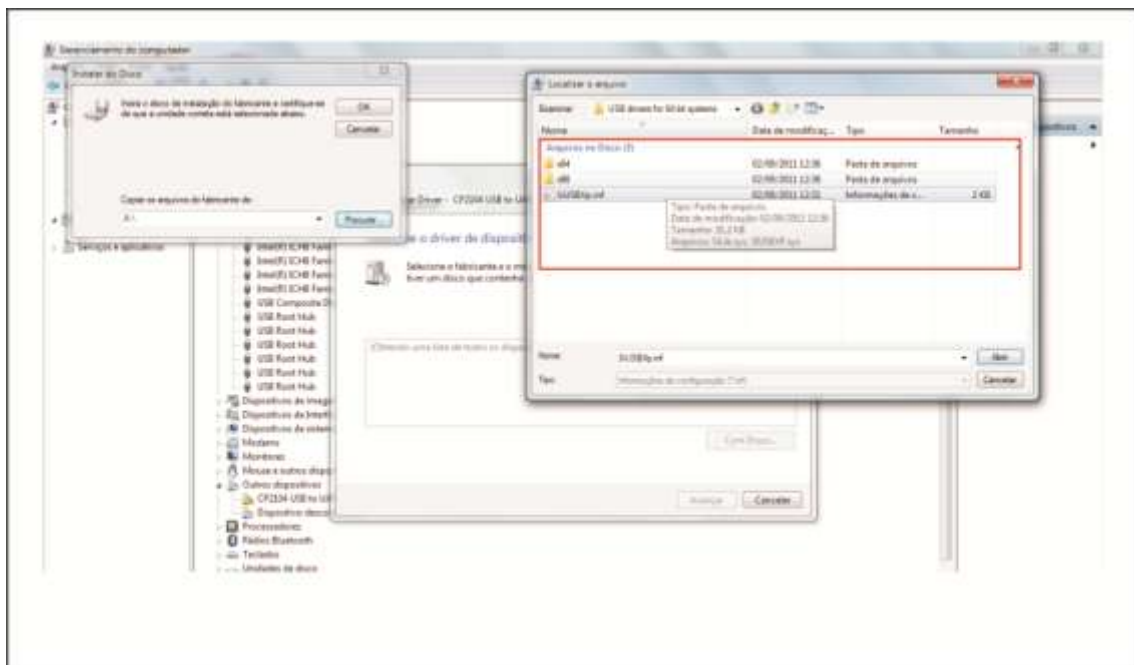
8º Selecionar o diretório do cd, opção com disco.



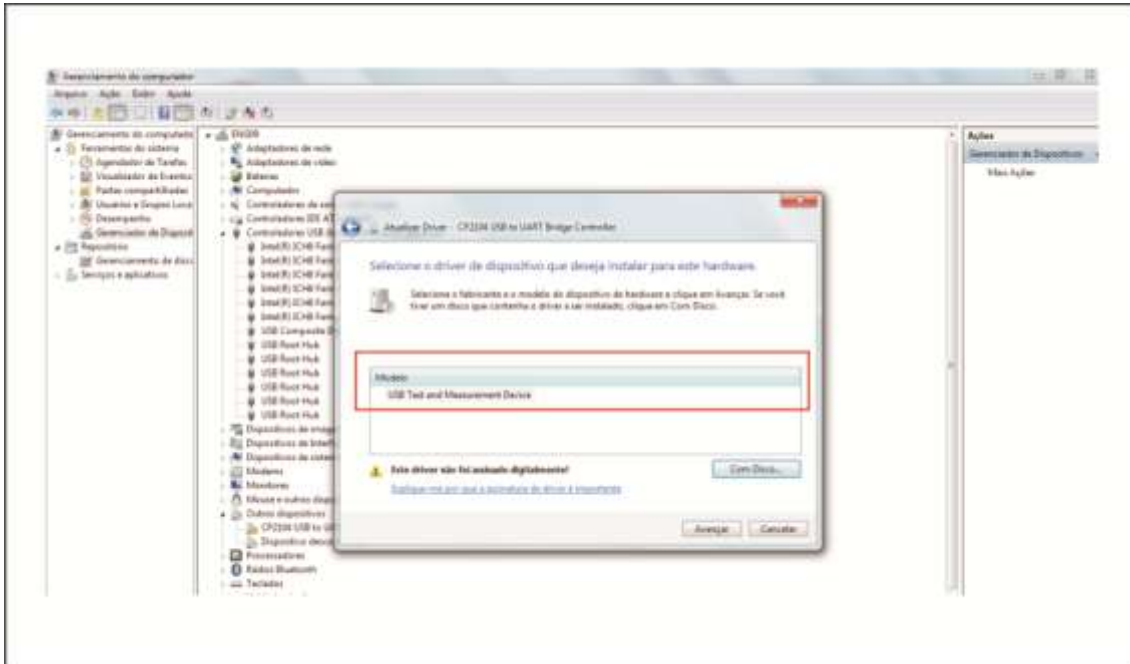
9º Aparecerá a opção “copiar os arquivos do fabricante de” e então clicar em “Procurar”.



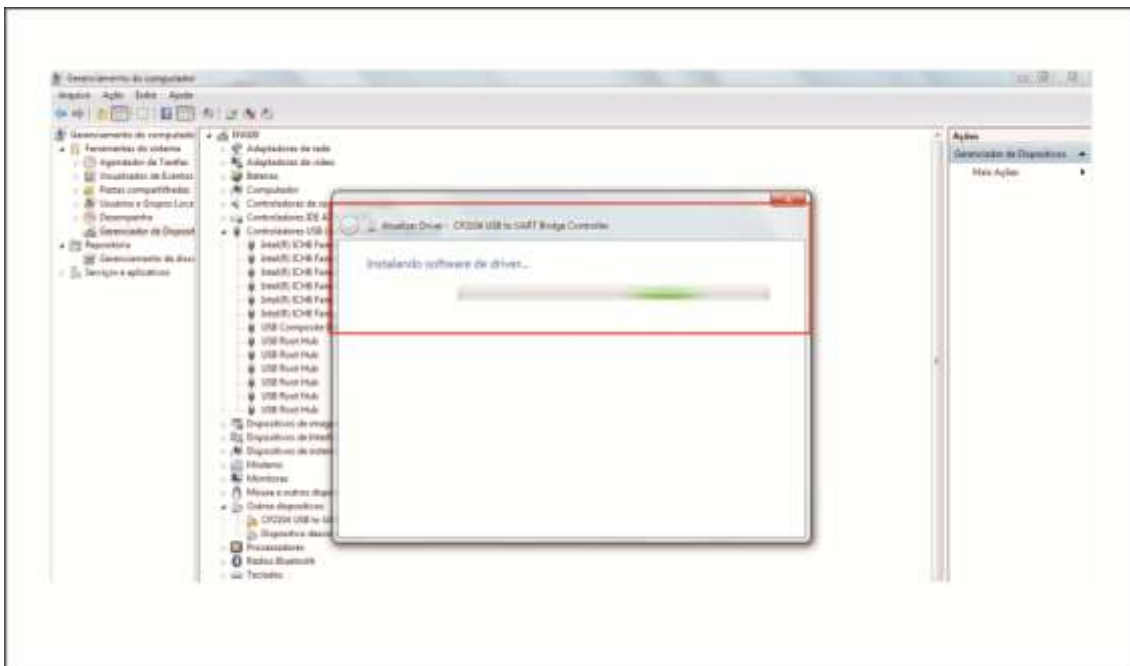
10º Selecionar o arquivo SIUSBXp.inf no localizado de arquivos.



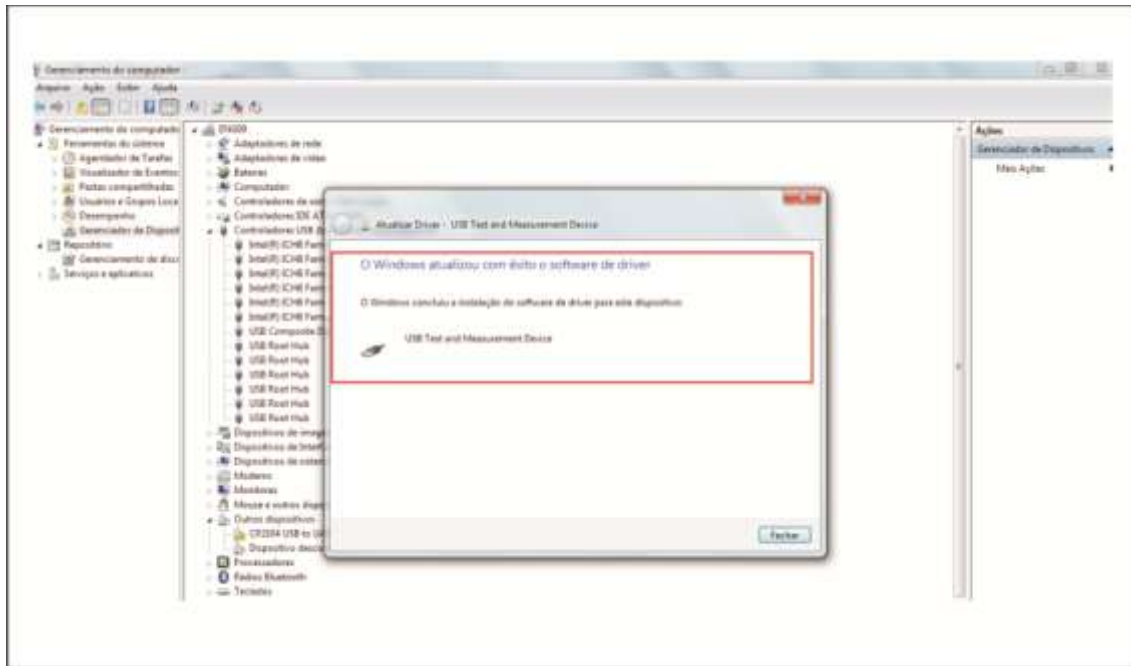
11º Na seleção do driver escolher o modelo UNIT USB Test and Measurement Devive. Obs: Se o seu computador apresentar a mensagem “Este driver não foi assinado digitalmente”, pesquise sobre assinatura digital e como configurar seu computador para aceitar driver sem assinatura digital.



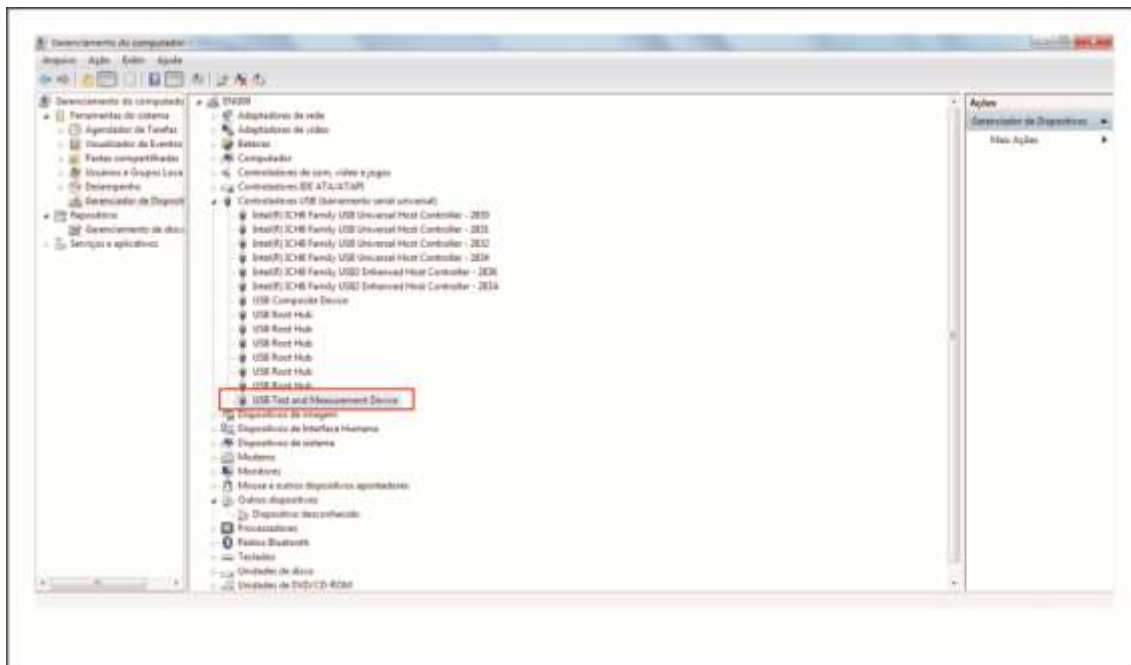
12º Aguardar a instalação do driver.



13º Conclusão da instalação com êxito.



14º Confirmação da instalação.



ANEXO D – Configuração do Luxímetro no Computador



ANEXO E – Algoritmo Estruturado Para Calculo Luminotécnico Usando Método dos Lumens.

```

algoritmo "PROJETO REA"
// Função : CALCULOS LUMINOTÉCNICOS
// Autor : Edvaldo Cruz e Zenecir Simonetto
// Orientador: Me Paulo Roberto Dulnik
// Data : 09/06/2016
// Seção de Declarações

var
comprimento, largura, area, pedireito, hplano, hpend, hutil, K, Luminaria: real
refleteto, refleparede, reflepiso, Fu, Fm, Fi, iluminancia, N, FluxoL: real
quantLamp, eficilamp, quantComp, quantLarg, potlamp, fontlamp, lumewatt: real
iluminacao: real
recinto, tipo, descriplumi, tipolamp, direta, indireta:caracter

inicio

escreval("Algoritmo de Iluminância.")
escreval
escreval("Método dos Lúmens para Iluminação Interna.")
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR.")
escreval
escreval("1ª etapa.")
escreval("Digite o nome do ambiente a ser calculado.")
leia(recinto)
escreval
escreval("Vamos calcular o índice do recinto k do ambiente ",recinto,"?")
escreval("Então, como será o tipo de Iluminação? Direta ou Indireta!")
escreval
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA A.")
escreval("Digite 1 para iluminação direta ou 2 para iluminação indireta!")
leia (iluminacao)
escreval
se iluminacao = 1 entao
escreval("Digite em metros o valor do comprimento do local ",recinto, ".")
leia(comprimento)
escreval
escreval("Digite em metros o valor da largura do local ",recinto, ".")
leia(largura)
escreval
escreval("Digite em metros o valor do pé direito do local ",recinto, ".")
leia(pedireito)
escreval
escreval("Digite o valor da altura entre o solo e o plano de trabalho.")
leia(hplano)
escreval
escreval("Digite o valor da altura entre o teto e o pendente da luminária.")
leia(hpend)
area<- (comprimento * largura)
hutil<- (pedireito - hplano - hpend)
escreval
escreval("Para iluminação direta do ambiente ",recinto, ".")
escreval("=====")
escreval("|A altura útil do local em metro é:| ", hutil,"m.")

```

```

K<- (comprimento * largura) / ((comprimento + largura) * hutil)
escreval("|E o fator de área k é de:      | ", K,"")
escreval("=====")
escreval
senao
se iluminacao = 2 entao
escreval("Digite em metros o valor do comprimento do local ",recinto, ".")
leia(comprimento)
escreval
escreval("Digite em metros o valor da largura do local ",recinto, ".")
leia(largura)
escreval
escreval("Digite em metros o valor do pé direito do local ",recinto, ".")
leia(pedireito)
escreval
escreval("Digite o valor da altura entre o solo e o plano de trabalho. ")
leia(hplano)
area<- (comprimento * largura)
hutil<- (pedireito - hplano)
escreval
escreval("Para iluminação indireta do ambiente ",recinto, ".")
escreval("=====")
escreval("|A altura útil do local em metro é:| ", hutil,"m.")
K<- (3 * comprimento * largura) / ((comprimento + largura) * hutil * 2)
escreval("|E o fator de área k é de:      | ", K,"")
escreval("=====")
escreval
senao
se iluminacao > 2 entao
escreval("Entrada incorreta!")
fimse
finalgoritmo
fimse
fimse
escreval("2ª etapa.")
escreval("Vamos determinar a Eficiência do Recinto?")
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA B,")
escreval("ou use a tabela de Refletância abaixo.")
escreval
escreval("Tabela de Refletância")
escreval("=====")
escreval("| Índice | Reflexão | Significado |")
escreval("=====")
escreval("| 1 | 10% | Superfície escura |")
escreval("-----")
escreval("| 3 | 30% | Superfície média |")
escreval("-----")
escreval("| 5 | 50% | Superfície clara |")
escreval("-----")
escreval("| 7 | 70% | Superfície branca |")
escreval("=====")
escreval
escreval("O campo refletância teto aceita os valores 7, 5 e 3.")
escreval("Digite o valor da refletância do Teto conforme a tabela acima.")
leia(refleteto)
escreval
se refleteto = 3 entao
refleteto<- refleteto

```

```

senao
se refleteto = 5 entao
refleteto<- refleteto
senao
se refleteto = 7 entao
refleteto<- refleteto
senao
escreval("Entrada incorreta!")
fimalgoritmo
fimse
fimse
fimse
escreval("O campo refletância parede aceita os valores 7, 5, 3 e 1.")
escreval("Digite o valor da refletância da parede conforme a tabela acima.")
leia(refleparede)
escreval
se refleparede = 1 entao
refleparede<- refleparede
senao
se refleparede = 3 entao
refleparede<- refleparede
senao
se refleparede = 5 entao
refleparede<- refleparede
senao
se refleparede = 7 entao
refleparede<- refleparede
senao
escreval("Entrada incorreta!")
fimalgoritmo
fimse
fimse
fimse
fimse
escreval("O campo refletância piso aceita os valores 3 e 1.")
escreval("Digite o valor da refletância do piso conforme a tabela acima.")
leia(reflepiso)
se reflepiso = 1 entao
reflepiso<- reflepiso
senao
se reflepiso = 3 entao
reflepiso<- reflepiso
senao
escreval("Entrada incorreta!")
fimalgoritmo
fimse
fimse
escreval
escreval("Valores de refletância do Teto, Parede e Piso:")
escreval(" =====")
escreval(" ",refleteto," ",refleparede," ",reflepiso,"")
escreval(" =====")
escreval
escreval("3ª etapa.")
escreval("Vamos determinar o Fator de Utilização da luminária?")
escreval
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA C,")
escreval("ou utilize manual fornecido pelo fabricante da luminária escolhida.")

```

```

escreval
escreval("Escolha o tipo da luminária presente na Nota Explicativa C.")
escreval("Digite o tipo da luminária que será utilizado no recinto.")
leia(tipo)
escreval
escreval("Digite a descrição da luminária escolhida.")
leia(descrilumi)
escreval
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA D.")
escreval("Item Tabela de Eficiência do Recinto conforme o Tipo da Luminária.")
escreval
escreval("=====")
escreval("      Tipo da Luminária      |",tipo,"")
escreval("      Descrição da Luminária |",descrilumi,"")
escreval("      Índice do Recinto K     |",K,"")
escreval("      Refletância do Recinto |",refleteto,"",refleparede,"",reflepiso,"")
escreval("=====")
escreval
Escreval("Utilizando os valores apresentado na tabela acima, vamos encontrar o")
escreval("fator de utilização da luminária utilizando a tabela da nota explicativa D,")
escreval("ou utilize manual fornecido pelo fabricante da luminária escolhida")
escreval
escreval("Digite o Fator de Utilização conforme Tipo e Índice do Recinto K.")
leia(Fu)
escreval
escreval("=====")
escreval("Tipo da Luminária, " , tipo,"")
escreval("Fator de Utilização, " , Fu , "")
escreval("=====")
escreval
escreval("4ª etapa.")
escreval("Vamos determinar o Fator de Manutenção ou Depreciação?")
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA E.")
escreval
escreval("Tabela do Fator de Manutenção")
escreval("=====")
escreval("| Ambiente | Limpo | Médio | Sujo |")
escreval("=====")
escreval("|Fm p/2500h| 0,95 | 0,91 | 0,88 |")
escreval("|Fm p/5000h| 0,91 | 0,85 | 0,66 |")
escreval("|Fm p/7500h| 0,88 | 0,80 | 0,57 |")
escreval("=====")
escreval
escreval("Digite o Fator de Manutenção conforme a tabela acima.")
leia(Fm)
escreval
escreval("=====")
escreval("Tipo da Luminária, " , tipo,"")
escreval("Fator de Manutenção, " , Fm,"")
escreval("=====")
escreval
escreval("5ª etapa.")
escreval("Vamos informar o Nível de Iluminância Recomendado para Interiores?")
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA F")
escreval
escreval("Para essa etapa será necessário a Norma NBR-8995/1 de 2013.")
escreval("Na nota explicativa F está presente um fragmento da norma como exemplo.")
escreval

```

```

escreval("Digite os Lux do ambiente de acordo com o tipo de atividade descrito")
escreval("na norma NBR 8995/1 de 2013.")
leia(iluminancia)
escreval
escreval("=====")
escreval("A iluminância necessária do recinto, ",recinto," é ",iluminancia," lux.")
escreval("=====")
escreval
escreval("6ª etapa.")
escreval("O programa calculará o Fluxo luminoso total necessário para esse ambiente!")
Fl<- (iluminancia * area) / (Fu * Fm )
escreval
escreval("=====")
escreval("O fluxo total necessária do recinto, ",recinto," é ",Fl," lm.")
escreval("=====")
escreval
escreval("7ª etapa.")
escreval("Vamos calcular a quantidade de lâmpadas necessárias para o ambiente?")
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA G.")
escreval
escreval("Digite o tipo da lâmpada.")
leia(tipolamp)
escreval
escreval("Digite a potência da lâmpada em Watts.")
leia(potlamp)
escreval
escreval("Digite a tensão de operação da lâmpada em Volts.")
leia(fontlamp)
escreval
escreval("8ª etapa.")
escreval("Vamos calcular o fluxo luminoso da lâmpada?")
escreval
escreval("Você vai informar o fluxo luminoso da lâmpada? Digite 1.")
escreval("ou")
escreval("Você vai informar a eficiência luminosa da lâmpada? Digite 2.")
leia(lumewatt)
se lumewatt = 1 entao
escreval
escreval("Digite o Fluxo Luminoso da lâmpada conforme informado pelo fabricante.")
leia(FluxoL)
eficilamp <- (FluxoL / potlamp)
senao
se lumewatt = 2 entao
escreval
escreval("USE O MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PROJETO REA UTFPR NOTA EXPLICATIVA H.")
escreval("Digite a eficiência da lâmpada ",tipolamp," conforme nota explicativa H.")
leia(eficilamp)
FluxoL <- (eficilamp * potlamp)
senao
escreval("Entrada incorreta!")
fimalgoritmo
fimse
fimse
escreval
escreval("=====")
escreval("Descrição, ", tipolamp, ", ", potlamp, " Watts, ", fontlamp, " Volts.")
escreval("Eficiência da Lâmpada, ", eficilamp, " lm/w")
escreval("Fluxo Luminoso da Lâmpada, ", FluxoL, " lm.")

```

```

escreval("=====")
escreval
escreval("Digitar a quantidade de lâmpada por Luminária. ")
leia(quantLamp)
N<-(Fi / FluxoL)
Luminaria<- (N/quantLamp)
N <- (int(N)+1)
Luminaria <- (int(Luminaria)+1)
quantComp <- (comprimento / RaizQ(area / Luminaria ))
quantLarg <- (largura / RaizQ(area / Luminaria))
quantComp <- (int(quantComp))
quantLarg <- (int(quantLarg))
escreval
escreval("Memorial de Cálculo!")
escreval("=====")
escreval("| Ambiente Calculado           | ",recinto,"")
escreval("| Valor da área                   | ",area,"m²")
escreval("| Comprimento Largura Altura     | ",comprimento,"m ",largura,"m ",pedireito,"m")
escreval("| Altura do plano de trabalho     | ",hplano,"m")
escreval("| Altura da luminária ao teto     | ",hpend,"m")
escreval("| Altura útil do ambiente         | ",hutil,"m")
escreval("| Fator de área k                 | ",K,"")
escreval("| Refletância Teto Parede Piso    | ",refleteto,"",refleparede,"",reflepiso,"")
escreval("| Tipo da Luminária               | ",tipo,"")
escreval("| Descrição da Luminária          | ",descriLumi,"")
escreval("| Fator de Utilização              | ",Fu,"")
escreval("| Fator de Manutenção              | ",Fm,"")
escreval("| Valor da iluminância recomendada | ",iluminancia," lux")
escreval("| Fluxo luminoso total do ambiente | ",FI," lm")
escreval("| Tipo da Lâmpada                  | ",tipolamp,"")
escreval("| Potência e Tensão da Lâmpada    | ",potlamp,"Watts ",fontlamp,"Volts")
escreval("| Fluxo e eficiência da lâmpada    | ",FluxoL," lm",eficilamp," lm/w")
escreval("| Quantidade lâmpadas na luminária | ",quantLamp,"")
escreval("| Quantidade Lâmpadas ou Luminária | ",N, " ou ",Luminaria,"")
escreval("| Arranjo das Luminárias 1ªOpção   | ",quantComp+1," comprimento ",quantLarg," largura")
escreval("| Arranjo das Luminárias 2ªOpção   | ",quantComp, " comprimento ",quantLarg+1," largura")
//escreval("| Arranjo das Luminárias 3ªOpção | ",quantComp+3," comprimento ",quantLarg," largura")
//escreval("| Arranjo das Luminárias 4ªOpção | ",quantComp, " x ",quantLarg,"")
escreval("=====")
fimalgoritmo

```

ANEXO F – Comparativo de Imagens com Diversas Temperaturas de Cores



ANEXO G – Tipos de Iluminação

