

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS
DO TERCEIRO ANDAR DO EDIFÍCIO RODOLFO SANTHIAGO

Evandro Drumond	14204755
João Rogerio dos Santos	14204871
Suelbe Marques de Almeida	14204933

MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS DO TERCEIRO ANDAR DO EDIFÍCIO RODOLFO SANTHIAGO

Evandro Drumond **14204755**

João Rogerio dos Santos **14204871**

Suelbe Marques de Almeida 14204933

Trabalho de conclusão de curso orientado pelo professor Roberval Edmilson Piva Garcia submetido ao departamento de ensino geral da faculdade de tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de tecnólogo.

**MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS
DO TERCEIRO ANDAR DO EDIFÍCIO RODOLFO SANTHIAGO**

Evandro Drumond	14204755
João Rogerio dos Santos	14204871
Suelbe Marques de Almeida	14204933

BANCA EXAMINADORA

Prof. Roberval Edmilson Piva Garcia
Orientador

Prof. Romildo de Campos Paradelo
Júnior

Prof. Helvio Fregolente Júnior

RESUMO

O escopo desta obra contempla a realização de um projeto luminotécnico com foco na eficiência, no terceiro andar do edifício Rodolfo Santhiago da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, situado na avenida Tiradentes, 615. O projeto consiste na modernização da tecnologia empregada na iluminação dos ambientes. Utilizando a tecnologia led, hoje disponível. Melhorando o índice de luminância, adequando as normas vigente (NBR 9895–1) e aumentando a eficiência do sistema. Com isso, elevando o nível de aprendizado dos alunos, além de melhorar o conforto proporcionado por um ambiente saudável e bem iluminado.

Palavra-chave: iluminação, led, eficiência energética.

ABSTRACT

The scope of this work contemplates the realization of a luminotechnical project with a focus on efficiency, on the third floor of the building Rodolfo Santhiago of the Faculty of Technology of São Paulo, located on Avenida Tiradentes, 615. The project is the modernization of the technology used in the lighting of the environments. Using the LED technology, today available. Improving the luminance index, adjusting the current standards (NBR 9895 – 1) and increasing the efficiency of the system. With this, raising the level of student learning, besides improving the comfort provided by a healthy and well-lit environment.

Keywords: lighting, led, energy efficiency

Sumário

•	ÍNDICE DE FIGURAS	6
•	ÍNDICE DE TABELAS	8
1.	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo Geral	10
1.2	Objetivos específicos	10
2.	ILUMINAÇÃO	11
2.1	Conceitos básicos	11
2.2	Normas de Iluminância	21
3.	EFICIENCIA ENERGETICA	22
3.1	Eficiência Energética na Iluminação	26
3.2	Conforto luminoso	27
4.	LÂMPADAS ELÉTRICAS	28
4.1	Importância da iluminação nos ambientes escolares.....	42
5.	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	43
5.1	Luxímetro	43
5.2	Dialux Evo 8.1	45
6.	RESULTADOS	46
6.1	Resultados obtidos com luxímetro situação atual	47
6.2	Resultados obtidos com dialux Evo 8.1	49
6.3	Comparação dos resultados obtidos	64
7.	Custo inicial	65
7.1	Custo equipamentos	66
7.2	Custo mão de obra.....	66
7.3	Custo inicial total	67
7.4	Discussões sobre as propostas	67
8	CONCLUSÃO	68
9	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	69
	Apêndice A – Medidas com luxímetro nas salas analisadas	70
	Apêndice B – Calculo de coeficientes para análise	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Espectro magnético.....	11
Figura 2.2 – Fluxo Luminoso	12
Figura 2.3 – Luminância.....	14
Figura 2.4 – Iluminância x Luminância	14
Figura 2.5 – Temperatura de cor.....	15
Figura 2.6 – IRC	16
Figura 2.7 – Eficiência Energética (lm/W)	17
Figura 2.8 – Pé-direito útil	18
Figura 2.9 – Curva Fotométrica: representação curva polar	20
Figura 3.1 – Procel.....	23
Figura 3.2 – Selo Procel de economia de energia.....	23
Figura 3.3 – procel EPP	24
Figura 3.4 – Etiqueta do programa brasileiro de etiquetagem.....	25
Figura 4.1 – Lâmpada incandescente	29
Figura 4.2 – Lâmpada de halogênea com base E27	30
Figura 4.3 – Lâmpada fluorescente.....	31
Figura 4.4 – Starter	31
Figura 4.5 – Fluorescente compacta	32
Figura 4.6 – Diagrama da lâmpada de vapor de mercúrio	34
Figura 4.7 – Lâmpada mista.....	35
Figura 4.8 – Lâmpada vapor de sódio alta pressão	36
Figura 4.9 – Lâmpada vapor metálico	37
Figura 4.10 – Funcionamento do LED.....	39
Figura 4.11 – Modelos de lâmpadas leds.....	40
Figura 4.12 – Distribuição espectral de 3 tipos lâmpadas de 3000K: fluorescente, incandescente halógena e led	42
Figura 5.1 – Luxímetro utilizado	44
Figura 6.1 – Planta do terceiro andar do prédio Rodolfo Santhiago.....	46
Figura 6.2 – Lâmpada fluorescente compacta 65 watts	48
Figura 6.3 – Luminária fluorescente duas lâmpadas 58 watts	48
Figura 6.4 – Luminária danificada	49
Figura 6.5 – Lâmpada fluorescente compacta queimada.....	49

Figura 6.6 – luminária com controle de ofuscamento.....	51
Figura 6.7 – Distribuição luminosa.....	51
Figura 6.8 – Efeito de luz.....	51
Figura 6.9 – Dimensões da luminária.....	51
Figura 6.10 – Lâmpada fluorescente.....	52
Figura 6.11 – Reator philips	53
Figura 6.12 – Nível de iluminância sala 30S	54
Figura 6.13 – Nível de iluminância sala 31S	54
Figura 6.14 – Nível de iluminância sala 32S	55
Figura 6.15 – Nível de iluminância sala 33S	55
Figura 6.16 – Nível de iluminância sala 34S	56
Figura 6.17 – Nível de iluminância sala 35S	56
Figura 6.18 – Nível de iluminância sala 36S	57
Figura 6.19 – Simulação dialux 3D sala 31S.....	57
Figura 6.20 – Simulação dialux 3D sala 32S.....	58
Figura 6.21 – Luminária led integrado 73W	59
Figura 6.22 – Distribuição luminosa	59
Figura 6.23 – Efeito luz	59
Figura 6.24 – Dimensões da luminária.....	59
Figura 6.25 – Nível de iluminância sala 30S	60
Figura 6.26 – Nível de iluminância sala 31S	61
Figura 6.27 – Nível de iluminância sala 32S	61
Figura 6.28 – Nível de iluminância sala 33S	62
Figura 6.29 – Nível de iluminância sala 34S	62
Figura 6.30 – Nível de iluminância sala 35S	63
Figura 6.31 – Nível de iluminância sala 36S	63
Figura 6.32 – Simulação dialux 3D sala 36S.....	64

- **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Valores de iluminância mantida para tipos de ambientes ou atividades	22
Tabela 4.1 – Classificação quanto ao IRC	41
Tabela 4.2 – Valores de durabilidade das lâmpadas.....	41
Tabela 6.1 – Área das salas.....	47
Tabela 6.2 – Comparativo entre iluminância encontrado x mínimo exigido pelo NBR.....	48
Tabela 6.3 – Comparativo de eficiência em relação a norma.....	64
Tabela 6.4 – Apresenta comparativo da potência instalada.....	65
Tabela 7.1 – Cálculo do consumo energético	68
Tabela apêndice A – índice de iluminância atuais.....	700

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é considerada como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento. A economia de qualquer região não se desenvolver completamente se não possuir fontes de energia garantidas e custos aceitáveis. O acesso à energia elétrica é a parte de acesso aos serviços essenciais e ao aumento da qualidade de vida. (ALDABÓ, 2012)

Por definição, a eficiência energética é uma filosofia que busca otimização da energia elétrica por meio de orientação e ações, diminuindo os índices globais e específico de quantidade de energia necessária para obtenção do mesmo produto. Os projetos de eficiência energética ocorrem em virtude da necessidade em se atender a demanda energética aliada ao combate ao desperdício, resultando em economias e benefícios direto para o consumidor, com ações de uso racional da energia e da modernização de instalações e processos. Além disso, contribui diretamente com o meio ambiente, como na diminuição da emissão de dióxido de carbono na atmosfera. (CAPELLI, 2013)

Nosso trabalho propõe uma forma para a modernização do sistema de iluminação do edifício Rodolfo Santhiago, pois no período noturno a iluminação existente não atende a norma NBR/ISO 8995-1, agregando qualidade, economia de energia e melhor aparência aos ambientes. Nos períodos diurno e vespertino devido à combinação da luz artificial com a luz natural normalmente o nível atende a norma. (ABNT, 2013)

Verificaremos o consumo da iluminação existente e realizar um comparativo com o novo modelo utilizado, faremos uso de softwares para simular a eficiência de outros tipos de lâmpadas, para encontrar o melhor custo benefício para ser implantado.

Por se tratar de um edifício tombado nos três níveis municipal, estadual e federal uma reforma para redistribuir corretamente os pontos de iluminação, se autorizado demandaria muito tempo e verba, então realizaremos o mínimo de alteração possível para não comprometer e preservar suas características fundamentais.

Realizaremos medidas da iluminância nos ambientes utilizando um equipamento chamado luxímetro, para comparar com o novo sistema adotado.

Com a utilização de softwares específicos como Dialux encontraremos o melhor modelo para ser implementado nos ambientes, assim como o tipo de lâmpada ideal para cada ambiente.

Dessa forma teremos um nível de iluminância mais eficiente colaborando para melhorar o desenvolvimento dos alunos e trazendo mais segurança a todos que circulam nessa área.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto que visa a melhoria na iluminação de interior das salas de aula do 3º andar do Prédio Santiago da faculdade de tecnologia de São Paulo (FATEC-SP), em atendimento norma NBR/ISSO 8995 (iluminação em ambiente de trabalho), para deixar o ambiente, moderno e a iluminação com qualidade e eficiência.

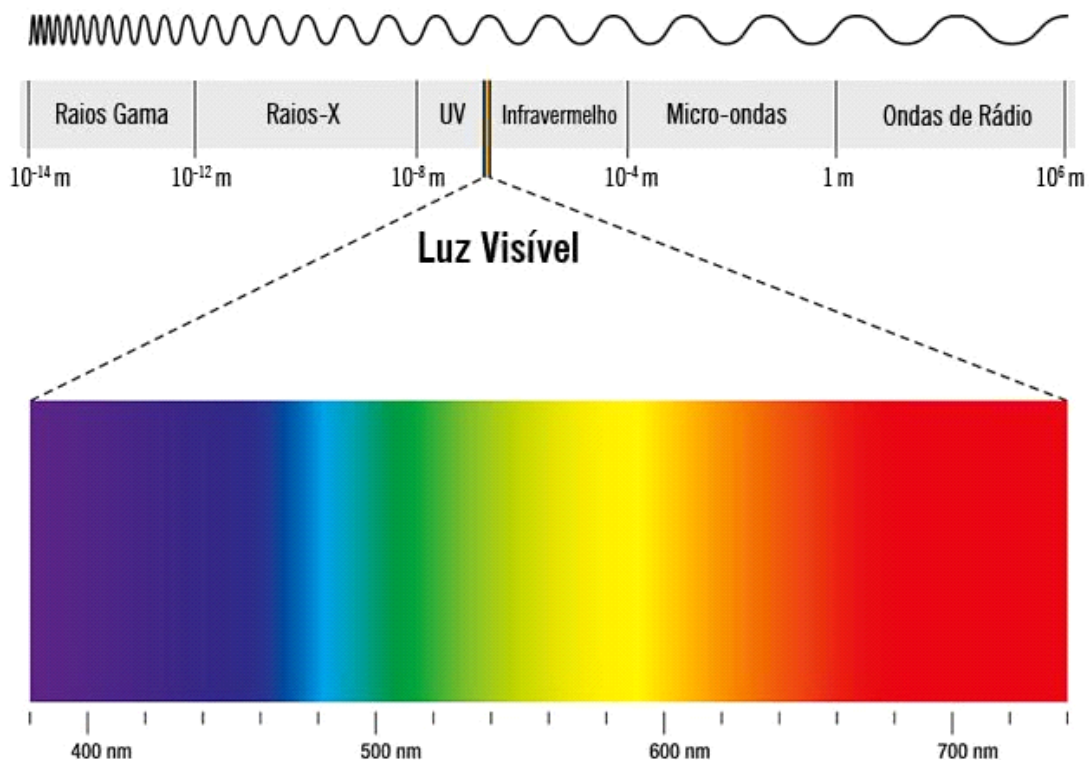
Para este projeto usaremos equipamentos específicos e o conhecimento adquirido na instituição.

1.2 Objetivos específicos

- Verificação da situação atual das salas a serem estudadas, verificando as condições das instalações, em quantidades, potências e tipos de lâmpadas e luminárias, metragem e tom de cor, para isso usamos os seguintes equipamentos luxímetro e trena digital.
- Levantamento das lâmpadas fornecidas no mercado tanto as fluorescentes como a de Led, analisando as características das mesmas tanto na potência, eficiência, fluxo luminoso e custo.
- Simulação do software DIALUX EVO 8.1, para o cálculo da iluminância média, assim comparando com os valores já obtidos com o luxímetro.
- Elaborar um projeto de melhorias nas instalações da iluminação
- Análise dos resultados e verificação da viabilidade de implantação de um novo projeto considerando custo, qualidade e eficiência.

2. ILUMINAÇÃO

2.1 Conceitos básicos



<https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>

Figura 2.1 – Espectro magnético

A luz está compreendida dentro do aspecto magnético entre 380 e 780 nm, conforme a figura 2.1. A sensibilidade da luz varia tanto com comprimento de onda quanto com a luminosidade. (OSRAM, 2010)

A curva da sensibilidade do olho humano demonstra que a radiação de menor comprimento de onda, geram maior intensidade da sensação luminosa quando há pouca luz enquanto a radiação de maior comprimento, se comportam ao contrário. (OSRAM, 2010)

Há uma predisposição em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas. A aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele.

Isaac Newton (1642 – 1727) fez uma experiência na qual fazia um feixe de luz atravessar um prisma de vidro, a luz quando atravessavam esse prisma sofria desvios e era decomposta, de forma que se podia observar sete cores: vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta. No fim as cores juntam-se e resulta na luz branca visível. (SILAS, 2019)

Como a luz branca é uma composição de todas as outras cores, quando iluminamos um objeto com ela e a enxergamos, por exemplo, a cor azul, é porque este objeto refletiu a luz azul e absorveu as outras cores. De outra forma, de enxergarmos esse como Branco, é porque ele refletiu todas as cores, consequentemente se enxergarmos a cor preta porque ele absorveu todas as cores. (SILAS, 2019)

Os estudos científicos direcionados aos conceitos da luz e suas aplicações, ou seja, os estudos dos efeitos da luz sobre os seres vivos e suas atividades é conhecida hoje como luminotécnica.

Para garantir uma iluminação ideal e de qualidade é necessário ponderar: As necessidades humanas e as necessidades ambientais/arquitetura.

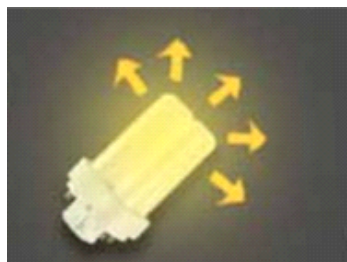
Para se realizar projetos luminotécnico que satisfaçam as condições necessárias para uma iluminação eficiente, é necessário a compreensão de certos conceitos e características luminosas, assim como o conhecimento das normas técnicas sobre o tema. A seguir, serão apresentadas estas definições. (OSRAM, 2010)

- **Fluxo Luminoso**

Símbolo: ϕ

Unidade: lúmen (lm)

O fluxo luminoso é a potência luminosa que uma fonte de luz emite em todas as direções, como mostra a figura 3.2.



Fonte: Iluminação - Conceitos e Projetos. Osasco: Osram, 2010.

Figura 2.2 – Fluxo Luminoso

- **Intensidade Luminosa**

Símbolo: I

Unidade: candela (cd)

De uma forma simplificada é o fluxo luminoso em uma dada direção. Cujas intensidade energética naquele ponto equivale aproximadamente 1,5mwatts.

- **Iluminância**

Símbolo: E

Unidade: lux (lx)

Iluminância, é a relação entre o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa, e a superfície incidente.

A iluminância não é uniforme em todos os pontos por esta razão tem a quantidade de iluminamento mínimo para cada ambiente, segundo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. (NERY, 2012)

A equação abaixo mostra como chegar na iluminância que é razão do fluxo luminoso pela área.

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

- **Luminância**

Símbolo: L

Unidade: cd/m²

É uma grandeza visível, ou seja, é os raios de luz refletido de uma superfície, aí transmitem a sensação de claridade aos olhos.

Com a mesma iluminância da origem a luminância diferentes, isso se dá por que os objetos podem refletir a luz diferente uns dos outros. (OSRAM, 2010)

A Equação abaixo mostra uma das maneiras de se calcular a Luminância. O processo é ilustrado pela Figura 2.3.

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha} \quad (2)$$

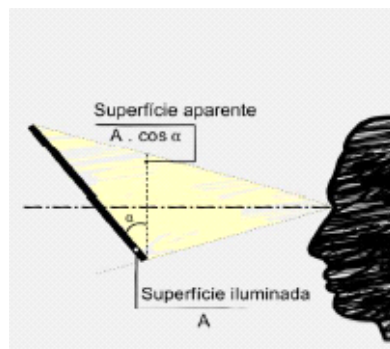
Na qual,

L = Luminância, em cd/m^2 ;

I = Intensidade luminosa, em cd ;

A = Área projetada;

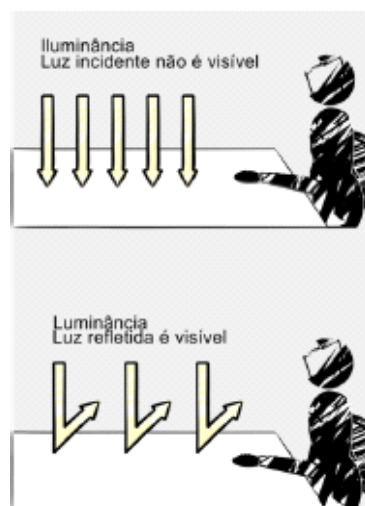
α = Ângulo considerado, em graus.



Fonte: Iluminação - Conceitos e Projetos. Osasco: Osram, 2010

Figura 2.3 – Luminância

A imagem a baixo deixa bem claro a diferença entre a iluminância e luminância, por também ter uma terminologia tão parecidas.



Fonte: Iluminação - Conceitos e Projetos. Osasco: Osram, 2009.

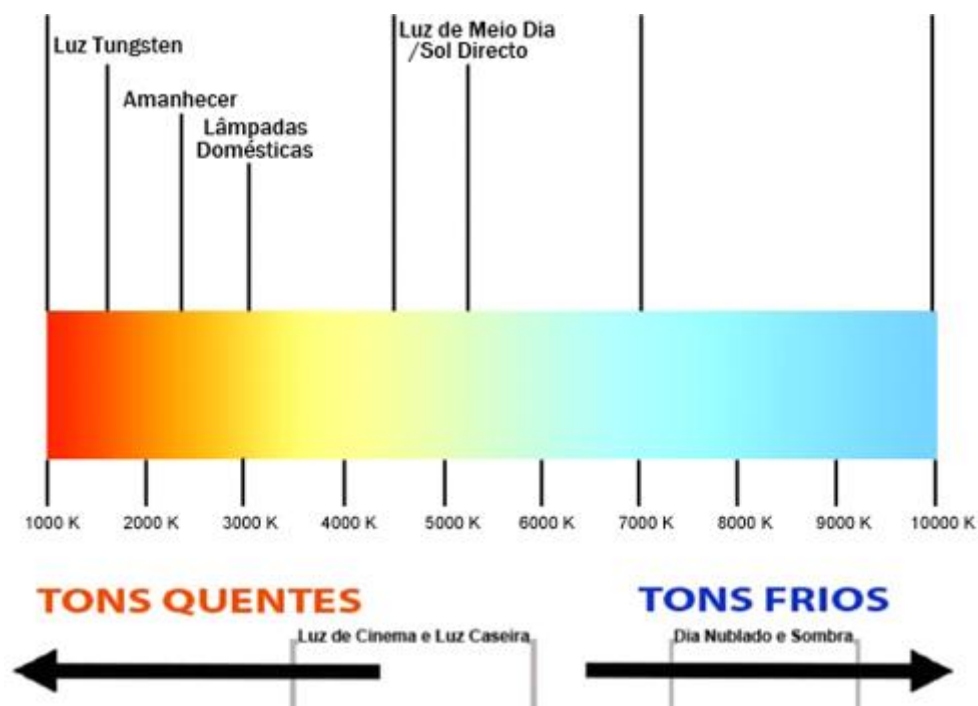
Figura 2.4 – Iluminância x Luminância

Características das lâmpadas e acessórios:

- **Temperatura de Cor**

Símbolo: T

Unidade: K (kelvin)



Fonte: <http://engplanilhas.com.br/temperatura-de-cor/>

Figura 2.5 – Temperatura de cor

Foi definido um padrão para representação da temperatura de cor das lâmpadas dado em (Kelvin). É importante frisar que a temperatura de cor não está ligada com a eficiência energética ou seja com a potência consumida de uma lâmpada ou mesmo sua irradiação de calor. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é essa luz. Se a luz é chamada de luz “quente” quer dizer que sua temperatura de cor é menor, e logo se tem uma cor com um aspecto mais amarelado. O contrário também é verdadeiro, quanto mais “fria” for uma cor, mais alta será sua temperatura. A temperatura de cor está intimamente ligada com atividade desenvolvida no ambiente em questão. Para ambientes mais aconchegantes, se utiliza cores mais “quentes”, agora para ambientes laborativos, como escritórios, e no presente caso, de uma sala de aula, o mais indicado seria uma cor mais “fria”, que seja mais estimulante. (OSRAM, 2010)

- **Índice de Reprodução de cor (IRC)**

Símbolo: IRC

Unidade: Adimensional

Lâmpadas de mesma tonalidade de cor, incidente sobre um objeto podem parecer diferentes, isso ocorre pelo conceito da reprodução de cor, e de sua escala qualitativa. O IRC está compreendido entre os valores de 0 a 100, onde o máximo seria a comparação com a luz natural, o sol. Quanto maior a diferença na cor de um objeto iluminado por luz artificial a ele iluminado pela luz natural, menor seu IRC.

As cores dos objetos que visualizamos é influenciada pela luz que o incide, à "luz do dia" como mencionado acima, é a mais fiel na reprodução das cores, na figura 2.6 a seguir tem um exemplo de IRC alto e baixo. (OSRAM, 2010)



Fonte: <http://www.adeel.com.br/irc/>

Figura 2.6 – IRC

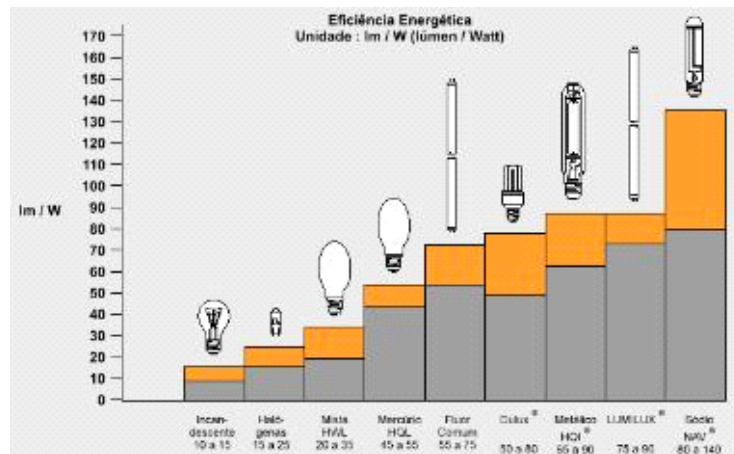
- **Eficiência Energética da Lâmpada**

Símbolo: η_w

Unidade: lm/W (lúmen/watt)

A eficiência energética de uma lâmpada, se dá pela relação de seu fluxo luminoso pela potência consumida.

As lâmpadas se diferencia tanto pelos seus fluxos luminosos quanto pelas diferentes potências que consomem. A seguir tem-se um gráfico com vários tipos de lâmpadas e sua respectiva eficiência energética expressa em lúmens por watt. (OSRAM, 2010)



Fonte: Iluminação - Conceitos e Projetos. Osasco: Osram, 2010

Figura 2.7 – Eficiência Energética (lm/W)

- **Eficiência das Luminárias:**

Símbolo: η_L

Unidade: adimensional.

Razão do Fluxo Luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária. Normalmente esse fator é fornecido pelo fabricante da luminária.

Dependendo do local que a luminária será instalada, o fluxo luminoso que dela emana poderá se propagar com mais facilidade. (OSRAM, 2010)

- **Eficiência do Recinto**

Símbolo: η_R

Unidade: adimensional.

O valor da eficiência do recinto é dado por tabelas, contidas nos catálogos dos fabricantes de luminárias, onde se relacionam os valores dos coeficientes de reflexão do teto, paredes e piso, com a curva de distribuição luminosa da luminária utilizada e o índice do recinto. (OSRAM, 2010)

- **Índice de recinto**

O índice do recinto é a relação entre as dimensões e características do local. A equação para cálculo direto desse índice é a seguinte:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad (3)$$

$$h = H - h_{pt} - h_{pend}$$

Sendo,

a = comprimento do recinto

b = largura do recinto

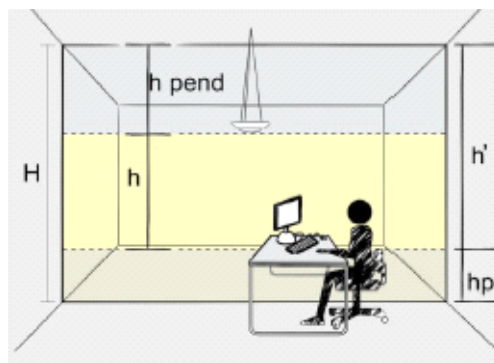
h = pé-direito útil

h' = distância do teto ao plano de trabalho

H = pé direito

h_{pt} = altura do plano de trabalho

h_{pend} = altura do pendente da luminária



Fonte: Iluminação - Conceitos e Projetos. Osasco: Osram, 2010

Figura 2.8 – Pé-direito útil

A distância real do plano de trabalho é a distância do pé-direito total do recinto menos a distância do pendente da luminária e menos a distância do plano de trabalho. (OSRAM, 2010)

- **Fator de Utilização**

Fluxo luminoso útil que irá incidir sobre o plano de trabalho. Sua equação, nada mais é do que a multiplicação da eficiência das luminárias (η_L) com a eficiência do recinto (η_R), conforme mostra a Equação abaixo.

$$F_u = nL \times nR \quad (4)$$

Ele indica, portanto, a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto. Determinados catálogos indicam tabelas de fatores de utilização para suas luminárias. Apesar destes serem semelhantes às tabelas de eficiência do recinto, os valores nelas encontrados não precisam ser multiplicados pela eficiência da luminária, uma vez que cada tabela é específica para uma luminária e já considera a sua perda na emissão do fluxo luminoso. Esta tabela nada mais é do que o valor da eficiência do recinto já multiplicado pela eficiência da luminária, encontrado pela interseção do índice do recinto (K) e das refletâncias do teto, paredes e piso, nesta ordem. (OSRAM, 2010)

- **Fator de Depreciação**

Símbolo: F_d

Unidade: % e adimensional.

O sistema de iluminação tem sua depreciação nos níveis de iluminância com decorrer do tempo.

Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Valores aceitáveis são 20% para ambientes com boa manutenção e 40% para ambientes com manutenção crítica (galpões indústrias, garagens, etc.), isto é, originando Fatores de Depreciação de 0,8 e 0,6 respectivamente. (OSRAM, 2010)

- **Vida mediana, vida média e vida útil**

São informações muito relevante na hora de fazer um projeto luminotécnico.

Vida Mediana é a quantidade de horas que 50% das lâmpadas que foram ensaiadas ainda permaneça acesa.

Vida Média é simplesmente a média aritmética de horas de cada lâmpada

ensaiada.

Vida útil é um dos parâmetros muito utilizado para escolha da lâmpada. É o ponto em que a lâmpada atinge 70% do seu fluxo total, que é dado em horas.

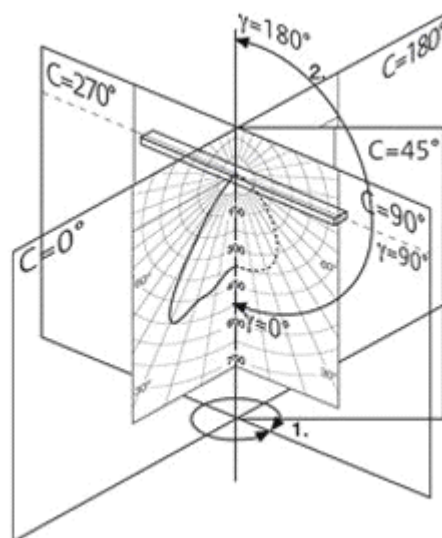
- **Curva de distribuição luminosa (curva fotométrica)**

Símbolo: CDL

Unidade: candelas (cd) x 1000lm

A curva fotométrica é a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos, através de um gráfico que marca a distribuição espacial da luz, em um plano cartesiano cuja as variáveis são a intensidade luminosa e a distância. Através dela podemos avaliar a luminária e seu grau de ofuscamento.

Importante enfatizar que curva fotométrica é diferente de "curvas fotométricas" está ela se refere a qualquer grandeza fotométrica. Quando que a curva fotométrica é a distribuição da intensidade luminosa.



Fonte: VivaDecoraPro

Figura 2.9 – Curva Fotométrica: representação curva polar

- **Limitação de ofuscamento**

Duas formas de ofuscamento em uma iluminação, o ofuscamento direto e o indireto.

Ofuscamento direto: É a luz direcionada diretamente ao campo de visão.

Ofuscamento indireto: Este já acontece pela reflexão da luz no plano de

trabalho, e se direciona ao campo de visão.

A partir de 200 cd/m² a luminária já apresenta ofuscamento se o ângulo ultrapassar 45° graus. (OSRAM, 2010)

2.2 Normas de Iluminância

As Normas se baseiam em estudos da ciência, tecnologia e experiência acumulada, visando a benefícios. Além disso, cria padrões de qualidade, em respeito ao seu consumidor, aos novos mercados que pretende alcançar e, ainda, à imagem de sua empresa e setor industrial.

A Norma Técnica promove a difusão tecnológica, consolidando e estabelecendo parâmetros consensuais entre todas as partes envolvidas. As comissões de estudos a ela relacionadas reúnem agentes especializados nas mais diferentes matérias, que interagem continuamente na troca do conhecimento. Um de seus grandes méritos é exatamente a atualização tecnológica, para a busca de melhoria do produto e dos processos, além da melhor adequação da mão-de-obra e dos centros e institutos de pesquisa. (ABNT, 2006)

A principal norma brasileira referente à iluminância de interiores é a ABNT ISSO/CIE 8995-1 de 2013. Esta norma substitui a NBR 5413, de 1992.

A NBR ISO 8995-1 é direcionada para ambientes de trabalho internos, e todas as novas obras e reformas devem estar adequadas à determinação. A nova norma substitui a ABNT NBR 5413 de 1992, e a ABNT NBR 5382 de 1985.

Com base nesta norma, uma boa iluminação, além de fornecer uma boa visualização da tarefa, deve também proporcionar conforto e facilidade e segurança visual. A norma traz atenção a vários parâmetros não só a distribuição da iluminância, buscando melhor na luminância, ofuscamento, direcionamento da luz, IRC (índice de reprodução de cor), o aproveitamento da luz natural e vários outros parâmetros. É conveniente que a iluminação do recinto atenda aos requisitos da norma de maneira que não haja desperdício de energia. Entretanto é importante não haver o comprometimento das características visuais simplesmente para se reduzir o consumo energético. (ABNT, 2013)

A Tabela 2.1 exibe alguns valores mínimo de iluminância media que deve ser mantida, segundo a ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1, para tipos de ambiente.

	Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Iluminância mantida (lux)
Áreas gerais da edificação	Saguão de entrada	100
	Áreas de circulação e corredores	100
	Banheiros e toaletes	200
Construções educacionais	Salas de aula	300
	Salas de aula noturno, educação de adultos	500
	Sala de desenho técnico	750
	Sala de aplicações e laboratórios	500
	Salas dos professores	300
	Quadro negro	500
	Sala comuns de estudantes e reuniões	200

Tabela 2.1 – Valores de iluminância mantida para tipos de ambientes ou atividades

3. EFICIENCIA ENERGETICA

O conceito de eficiência energética se aplica na atividade que tende a melhorar o uso da energia. Esta utilização racional da energia, ou simplesmente eficiência energética, consiste em um uso consciente da energia, para obter um resultado. Ou seja usar menos energia para chegar no mesmo resultado. (Wikipedia, 2019)

Com a implementação da Lei nº 10.295 (17/10/2001), estabelecendo níveis máximos de consumo específicos de energia ou eficiência energética para máquinas e equipamentos comercializados no Brasil. (Normas, 2019)

Programa nacional de conservação de energia elétrica – PROCEL



Fonte: www.eletrobras.com.br

Figura 3.1 – Procel

É promover o uso eficiente da energia elétrica, com isso ajudando a combater o desperdício e a reduzir os custos e os investimentos setoriais, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), criado em 1985 pelo governo federal e executado pela empresa Eletrobrás. (Eletrobras, 2019)

O Selo Procel de Economia de Energia, ou simplesmente Selo Procel, tem como objetivo ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia. O selo procel foi instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993, criado pelo programa do Governo Federal - Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). (Eletrobras, 2019)



Fonte: www.procelinfo.com.br

Figura 3.2 – Selo Procel de economia de energia

Um dos programas do Procel é o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos (Procel EPP), que foi instituído em 1997 pela ELETROBRÁS /

PROCEL a fim de promover a eficiência energética nos prédios públicos nos níveis federal, estadual e municipal. Este programa busca implementar medidas de eficiência energética e a difusão da informação junto aos agentes envolvidos com a administração pública. Para tanto, os prédios públicos devem promover:



Fonte: www.procelinfo.com.br

Figura 3.3 – procel EPP

- A economia de energia;
- A melhoria na qualidade nos sistemas de iluminação, refrigeração, forças-motrizes e demais sistemas relevantes que visem à redução dos gastos com energia elétrica;
- A atualização tecnológica em laboratórios de pesquisa voltados para este segmento. (Eletrobras, 2019)

Programa brasileiro de etiquetagem

O PBE é um programa de etiquetagem de desempenho coordenado pelo Inmetro, com foco especial na eficiência energética. Seus objetivos são: a) prover informações úteis que influenciem a decisão de compra dos consumidores, que podem levar em consideração outros atributos, além do preço, no momento da aquisição dos produtos. b) estimular a competitividade da indústria, através da indução do processo de inovação e desenvolvimento tecnológico promovido pela escolha consciente dos consumidores. (INMETRO, 2019)

O PBE incentiva a inovação e a evolução tecnológica dos produtos e funciona como instrumento para estimular a fabricação de aparelhos e equipamentos mais eficientes, seja no que diz respeito à eficiência energética, o PBE está alinhado com a Lei, de 17 de outubro de 2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética. (INMETRO, 2019)

Os produtos são ensaiados em laboratórios e recebem etiquetas com faixas coloridas que os diferenciam. No caso da eficiência energética, a classificação

vai da mais eficiente (A) à menos eficiente (de C até G, dependendo do produto). (INMETRO, 2019)



Fonte: www.imetro.gov.br

Figura 3.4 – Etiqueta do programa brasileiro de etiquetagem

O PBE, que se iniciou em 1984, é muito importante porque o conteúdo das etiquetas ajuda a equilibrar a relação de consumo, diminuindo a assimetria de informação existente entre quem compra e quem vende. Afinal, os consumidores geralmente não têm conhecimento especializado sobre os produtos que adquirem e muitas vezes têm dificuldade de identificar aqueles que são os mais econômicos. No caso específico dos programas de etiquetagem com foco na classificação de eficiência energética, sua importância está ligada às metas brasileiras de economia de energia. (INMETRO, 2019)

Proesco

Em 19 de maio de 2006, o BNDES aprovou o PROESCO, programa destinado a financiar projetos de eficiência energética. Este programa tem por objetivo apoiar de eficiência energética. Os beneficiários deste programa são as Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ESCOs e os usuários finais de energia. Os principais alvo das ações são nas seguintes áreas: Iluminação, motores, otimização de processos, ar comprimido bombeamento, ar condicionado e ventilação, refrigeração e resfriamento, produção e distribuição de vapor, aquecimento, automação e controle, distribuição de energia e gerenciamento energético. (Prodesco/Abesco, 2019)

3.1 Eficiência Energética na Iluminação

É sabido que a tecnologia está muito presente no nosso cotidiano, inclusive na iluminação, em um projeto de luminotécnica, a qualidade na iluminação é decisiva, tanto para o desempenho das atividades, quanto para o bem-estar físico e emocional do ser humano. Executar este projeto com qualidade e eficiência são as ferramentas para o sucesso do projeto. (Rodrigues, 2002)

São práticas cabíveis para contribuir com a eficiência energética na iluminação

- Analisar a possibilidade de instalação de sensores de presença em ambientes como halls, banheiros, corredores, almoxarifados etc.
- Analise a possibilidade de instalação de interruptores temporizados (timer) para controle da iluminação externa, letreiros, vitrines e luminosos.
- Utilize a quantidade de iluminância (Lux) necessária para cada tipo de ambiente de trabalho
- Setorização: adote interruptores independentes. Eles tornam possível o desligamento de lâmpadas em alguns locais, mantendo outros iluminados.
- Desligue as lâmpadas ao ausentar-se da sala ou local de trabalho.
- O uso de cores claras nas paredes e tetos permite reduzir a quantidade de lâmpadas.
- Estude a viabilidade de substituir as lâmpadas pelas fluorescentes ou LED, que são mais econômicas.
- Manutenção e limpeza preventiva de lâmpadas e luminárias.
- Trocar os reatores magnéticos por eletrônicos com alto fator de potência (maior ou igual a 0,92).
- Rebaixamento da altura das luminárias melhora a iluminação.
- Use luminárias espelhadas para aumentar a eficiência da iluminação.

Um dos métodos alternativo é alterar a quantidade e a disposição das luminárias; substituir o tipo de lâmpada e reator; substituir os projetores ou luminárias. Atualmente, dois tipos de lâmpadas são considerados para a substituição visando economia, principalmente quando se fala nos setores

industriais, comerciais ou de serviços: São as lâmpadas fluorescentes tubulares, e as lâmpadas LEDs. (Cardoso, 2017)

3.2 Conforto luminoso

Conforto luminoso é uma das subáreas do conforto ambiental é e a que tem maior grau de subjetividade.

O que seria um estímulo subjetivo?

Uma avaliação que não só dependeria da resposta física. Como das experiências anteriores, da personalidade, da faixa etária, da relação de gênero e do aspecto cultural e estético. (OSRAM, 2007)

O que os profissionais, empresa e principalmente o usuário final quer é um ambiente, que tenha o melhor conforto luminoso, a melhor qualidade e o menor custo possível.

Falando um pouco mais de conforto luminoso, está relacionado a resposta fisiológica do usuário, o quanto mais próximo a luz artificial estiver da luz natural, mais acomodado vai está o usuário, ou seja, ele vai ter que fazer menos esforço para se adaptar ao ambiente, com isso vai favorecer ao seu está emocional, ou seja, a sensação de conforto.

Quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto. (Rodrigues, 2002)

Do ponto de vista fisiológico esforço adaptação seria a necessidade que nosso olho teria para uma determinada situação, exemplo: para ler e escrever é necessária uma certa quantidade de luz no plano de trabalho, de acordo com a NBR 8995 - 1 mínimo de 300 lux e máximo de 750 lux. (OSRAM, 2007)

Mas a quantidade de luz não é o único requisito necessário. Uma boa distribuição de luz no ambiente, a ausência de contraste excessivos.

Quanto melhor for as condições visuais, menor será o esforço que o olho terá que fazer para se adaptar as condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. (OSRAM, 2007)

4. LÂMPADAS ELÉTRICAS

Os primeiros registros sobre as lâmpadas são de mais de 200 anos, quando surgiram os primeiros protótipos. As luzes alongam nossos dias, facilitam nossa rotina e iluminam cidades que podem ser vistas do espaço. (Eduarda, 2018)

Em 1809, Humphry Davy, importante químico britânico da Royal Society, cria um arco luminoso a partir de uma tira fina de carbono colocada entre os dois polos de uma bateria. Dando origem a famosa lâmpada de Davy e seria o princípio fundamental por trás das lâmpadas elétricas.

Mais de trinta anos depois, Warren de la Rue conseguiu produzir luz e calor com um filamento de platina inserido dentro de um tubo vazio onde passava eletricidade. Em 1875, Henry Woodward e Matthew Evans patentearam a lâmpada que quatro anos depois seria comprada por Thomas Edison. Ao contrário do que todos pensam, Edison não foi o inventor das lâmpadas, mas foi o responsável por desenvolver o primeiro modelo economicamente viável. Sua lâmpada de pequenas dimensões representava um meio prático e barato de gerar e distribuir luz elétrica. (Eduarda, 2018)

Criada por Nikola Tesla em 1938 chegava ao mercado a lâmpada fluorescente. Esse modelo é muito mais eficiente do que as antigas lâmpadas de filamento, pois emite mais energia em forma de luz do que calor, o que também a torna mais econômica. Em 1962, Nick Halonyak da General Electric conseguiu gerar luz a partir de um LED. Entretanto, somente em 1989 surgiram os primeiros LEDs azuis comerciais que viabilizariam o desenvolvimento dos dispositivos atuais como painéis e TVs de LED. (Eduarda, 2018)

Lâmpadas Incandescentes

Um dispositivo elétrico que teve uma corrida magnífica, mas Thomas Edison em 1879 foi o primeiro a comercializar esta lâmpada.

No início os filamentos das lâmpadas eram de carvão (carbono), atualmente é usado como filamento o material de tungstênio que suporta uma alta temperatura é com isso uma vida útil maior. O filamento fica em um invólucro em vidro, no vácuo ou com gás inerte, para o filamento não queimar.



Fonte: www.leroymerlyn.com.br

Figura 4.1 – Lâmpada incandescente

Características:

Boa reprodução de cor (IRC)

Custo baixo de instalação

Eficiência luminosa baixa, de 10 a 20 lm/w

Sua depreciação ocorre devido a sublimação do filamento, que se desprende do mesmo e acaba escurecendo a parte interna do bulbo.

O revestimento do bulbo é de uma fina camada de sílica.

Tem uma vida média baixa cerca de 1000 h.

- **Lâmpadas Halogénas**

Continuando com o princípio das lâmpadas incandescentes as lâmpadas halogénas tem o mesmo funcionamento obviamente com algumas melhorias, com a introdução de gases halógenos no interior do bulbo, a vantagem é que as partículas desprendidas do filamento de tungstênio combinam com o gás, somada com a corrente térmica dentro do bulbo, faz com que as partículas se depositem novamente no filamento e isso cria um ciclo, aumentando a vida útil das lâmpadas halogénas com relação as incandescentes. (Wikipedia, 2019)



Fonte: www.leroymerlyn.com.br

Figura 4.2 – Lâmpada de halogênea com base E27

Halogénas palito ou lapiseira: É uma variação da lâmpada halógena, no nome já dá para ter uma ideia que ela é uma lâmpada comprida é fina, e se popularizou rapidamente por suas característica e ser uma boa opção para locais abertos. Tendo uma vida útil intermediária, e contatos bilaterais com um filamento que se estende em toda sua extensão.

Halogénas dicroica e bi pino: As lâmpadas com refletor dicroica foi um ponto forte na categoria de iluminação. Tem uma grande vantagem que é de não aquecer o objeto que está sendo iluminado. As lâmpadas dicroicas são encontradas com aberturas de fecho de 10, 24, 38, 60 graus. Com potências de 20 a 75 w. (NERY, 2012)

- **Lâmpadas Fluorescentes**

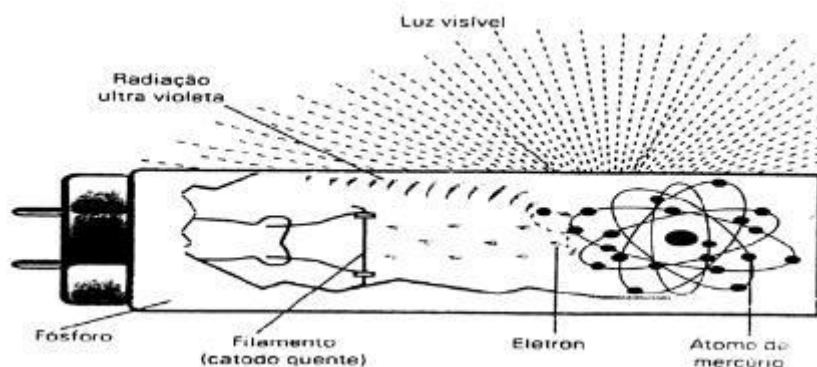
São lâmpadas de descargas, tanto quanto muitas outra que vou mencionar posteriormente, mas ele é conhecido pelo seu fenômeno que é a fluorescência.

É construída por tubos de vidros com o metal mercúrio em seu estado gasoso, ou seja, em vapor. Na sua extremidade tem os terminais de contato que são dois eletrodos em forma de espiral feito de tungstênio revestidos com uma substância emissora de elétrons. A parede interna do tubo de vidro é revestida com uma substância fluorescente a base de fósforo.

Seu funcionamento ocorre aplicando tensão entre os eletrodos, com isso os elétrons fluirão no interior do tubo chocando com os átomos de mercúrio, então nesse momento os átomos de mercúrio absorvem esta energia e então vai para

o estado excitado é liberam radiação.

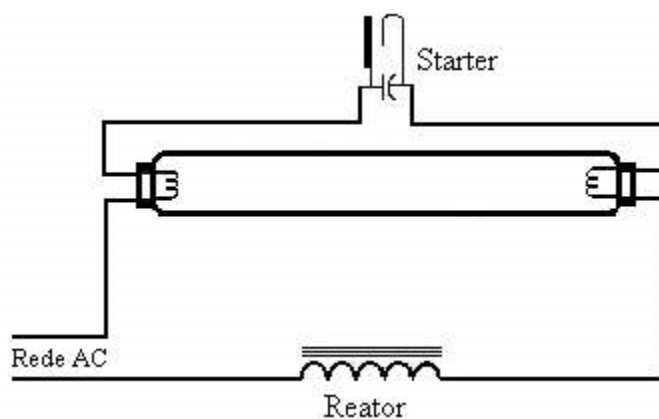
Esta radiação contém uma pequena parcela de luz visível a grande maioria é radiação ultravioleta que não é visível ao olho humano. Mas com a camada de material fluorescente na parte inferior do tubo de vidro faz está conversão de radiação ultravioleta em luz visível, daí vem o nome lâmpada fluorescente como mostra a figura 4.3. (NERY, 2012)



Fonte :www.eficienteiluminação.com.br

Figura 4.3 – lâmpada fluorescente

Agora para dá início a ionização do gás é preciso uma alta tensão, que a tensão nominal de funcionamento não é suficiente. O problema foi resolvido usando um "starter" ligado em paralelo com a lâmpada. (NERY, 2012)



Fonte: Principio.org 2016

Figura 4.4 – Starter

O "starter" é um equipamento elétrico que compõe de um tudo com gás e dois metais com coeficiente de dilatação diferentes. Ao ser energizados os seus contatos se aquecem e então eles fecham o contato. Com a corrente passando

pelo eletrodo da lâmpada, vai aquecer o gás no mesmo instante cessa a descarga no "starter", com isso seus contatos vão abrir, então neste momento, que a lâmpada recebe o pico de alta tensão, que foi armazenada no reator, iniciando a condução de corrente através do mercúrio.

Neste momento, torna necessária limitar a corrente, pois o fluxo eletrônico continuaria a crescer indefinidamente, e a corrente atingiria um valor demasiado alto se não fosse limitada de alguma forma. Esta estabilização é conseguida pelo uso do reator, ele produz uma força contra eletromotriz induzida devido ao aumento da corrente, permitindo a passagem da corrente necessária ao funcionamento da lâmpada, mantendo a corrente circulando pelos eletrodos constantes. Além de estabilizar a corrente o reator tem é responsável pelo pico de tensão na partida da lâmpada, como mencionado posteriormente. Também podendo utilizar o processo de partida rápida. Que neste caso seria um reator diferente no que é usado para partida convencional. O reator quando ligado, manteria-se sempre uma corrente no filamento, assim diminuindo o tempo de partida e eliminando o "starter". Mas como desvantagem a lâmpada teria sua vida útil reduzida, por o filamento sempre está em operação. A lâmpada fluorescente compacta tem um pouco mais de tecnologia agregado, como um reator eletrônico e sua forma mais reduzidas proporciona algumas vantagens como: tamanho, consumo, tonalidade de cor. (NERY, 2012)



Fonte: www.leroymerlyn.com.br

Figura 4.5 – Fluorescente compacta

As características das lâmpadas fluorescentes são:

- Eficiência luminosa: média em torno de 20 a 70 lm/w
- Vida média: fica em torno de 7000 horas
- Depreciação: ocorre devido a alguns fatores como, perda de vapor, deterioração do revestimento fluorescente, perda na capacidade de emissão dos elétrons e na partida.
- Reprodução de cores: médio para baixo, dependendo do revestimento.
- Consumo de energia: mediano.
- Custo de instalação: alto para as tubulares por requerer dispositivo de partida é luminárias apropriadas.
- Efeito estroboscópio: sensível, podendo ser evitado com utilização de duas ou mais lâmpada na mesma luminária, também utilizando capacitor em série com a lâmpada, para defasar a corrente. Também é propício acontecer este efeito quando a lâmpada já está chegando no final da sua vida útil.
- Espessura: é uma característica relevante das lâmpadas fluorescente, as tubulares T12, T8, T5, o significado do "T" (tubular lamps) é o número séria a espessura, exemplo a T5 o "5" representa 5/8 de polegada (cinco oitavos de polegada) ou 15,9 mm de diâmetro.

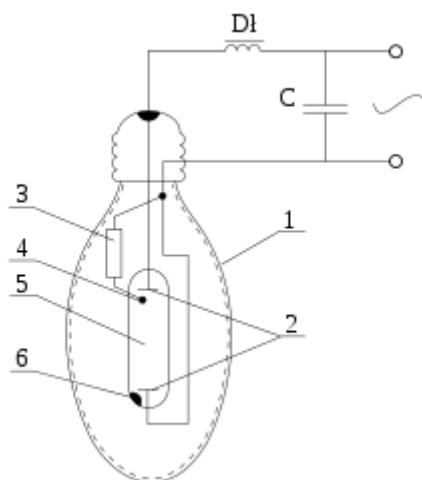
Das espessuras mencionadas acima a mais usada, ou seja, a usada atualmente é a "T5" por apresentar uma eficiência luminosa um pouco melhor comparada com a "T8". (NERY, 2012)

Uma observação importante sobre as lâmpadas fluorescentes, seria seu descarte. Não deve ser descartada em lixo comum, nem em aterros sanitários, porque possui o elemento químico como o mercúrio e o fósforo na sua composição. Deve ser destinada a empresas de reciclagem.

- **Lâmpada a vapor de mercúrio**

As lâmpadas a vapor de mercúrio são construídas de um bulbo de vidro, com um tubo de quartzo, no qual se produz a descarga no gás. O bulbo externo é utilizando principalmente para suportar o choque térmico. Dentro do tubo de descarga existe mercúrio e uma quantidade de argônio sob alta pressão. Uma tensão é aplicada entre o eletrodo principal e o eletrodo auxiliar, dando origem a uma descarga que ioniza o argônio e vaporiza o mercúrio.

O vapor de mercúrio sofre uma ionização devido à tensão entre os eletrodos principais, daí em diante o processo é análogo a lâmpadas fluorescente, com um tempo a mais para chegar no fluxo normal. (NERY, 2012)



Fonte :https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rteciowka_budowa_i_uklad_polaczen.svg

Figura 4.6 – Diagrama da lâmpada de vapor de mercúrio

- 1-bulbo de vidro revestido com pó fluorescente;
- 2-eletrodos principais;
- 3-resistor;
- 4-eletrodo auxiliar;
- 5-Bulbo de quartzo;
- 6-gota de mercúrio

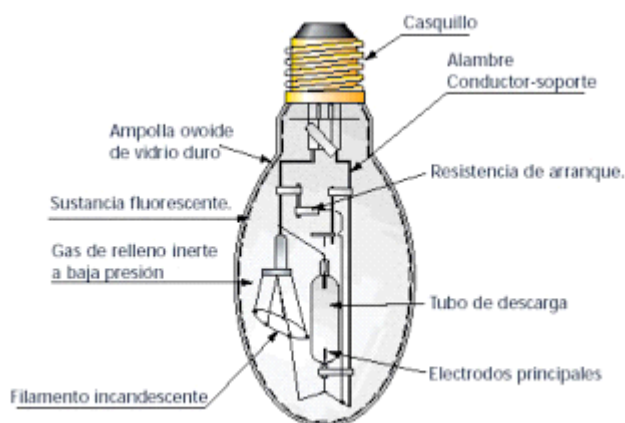
- **Lâmpada mista**

Uma lâmpada mista é uma variação da lâmpada de vapor de mercúrio, mas neste caso a limitação da corrente se dá pela utilização de um filamento, instalado no interior do bulbo e fora do tubo de descarga, em série com os eletrodos principais.

A luz produzida nesse tipo de lâmpada é uma combinação do efeito incandescente e fluorescente. Essas lâmpadas combinam a eficiência das lâmpadas de descarga com as vantagens da excelente reprodução de cores características das lâmpadas de filamento de tungstênio. (Wikipedia, 2019)

Sua eficiência é baixa em torno de 20lm/w, outra característica é análoga a lâmpada vapor de mercúrio, para seu acendimento e reacendimento é necessário aguardar um tempo para o vapor de mercúrio se tornar líquido novamente,

portando o tempo de operação é demorado. (NERY, 2012)

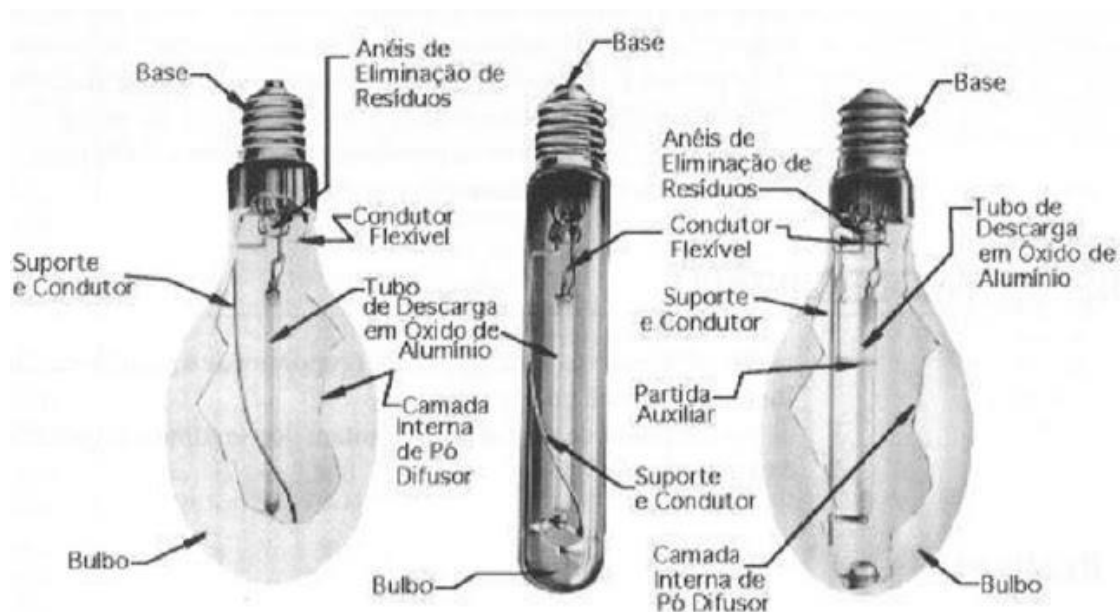


Fonte: www.coletivourbane.blogspot.com

Figura 4.7 – Lâmpada mista

- **Lâmpada vapor de sódio**

Lâmpada de vapor de sódio é a designação dada a um tipo de lâmpada de descarga em meio gasoso que utiliza um plasma de vapor de sódio para produzir luz. Tem duas variações, a de baixa pressão e alta pressão, esta tem sua característica parecida com a lâmpada de mercúrio, tendo um tubo de descarga cumprido e estreito, é feito de óxido de alumínio, com gás xenônio para início da partida, mercúrio e sódio em alta pressão e eletrodo de nióbio. Suas características mais relevantes são: Eficiência luminosa em torno de 120lm/w, vida mediana em torno de 18000 horas, tempo para obtenção do fluo nominal em torno de 3 minutos. Porém sua reprodução de cor (IRC) é baixa, fica em torno de 25, e com uma temperatura de 1900 a 2100 K. (Wikipedia, 2019)



Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-nWzdC9p5egA/>

Figura 4.8 – Lâmpada vapor de sódio alta pressão

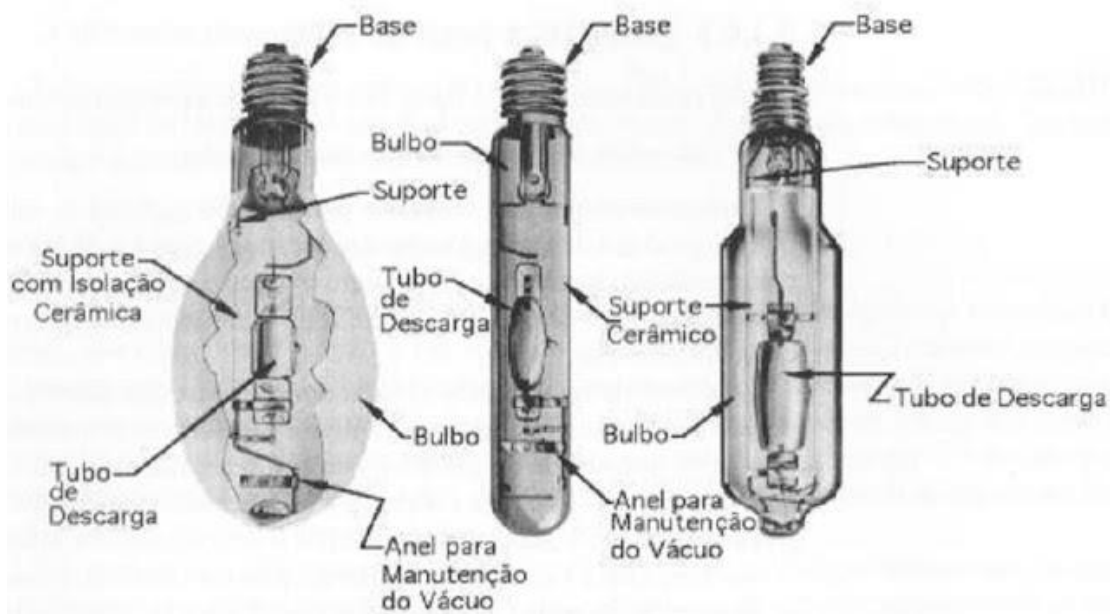
As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, tem um tubo de descarga em formato de "U", contendo um gás argônio e neônio e sódio metálico em baixa pressão. A partida se dá no neônio, que provoca o aquecimento e vaporização do sódio. Tem uma demora relativamente alta até chegar no fluxo luminoso de operação fica em torno de 15 minutos.

Suas características são: Eficiência elevada aproximadamente 200 lm/w, vida mediana parecida com a de alta pressão em torno de 18000 horas, com uma reprodução de cor (IRC) muito baixa 20, elas são aplicadas em locais que não é relevante a reprodução de cor, exemplos pátios, portos. (NERY, 2012)

Lâmpada a vapor metálico

Semelhante a lâmpada vapor de mercúrio, mas com adição de índio, tálio e sódio. Para seu funcionamento é necessário uma alta tensão e um ignitor.

Tendo uma boa reprodução de cor (IRC) de 65 a 69, e com potências em torno de 400 a 2kw.



Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/-g-dCbMuqDjs/>

Figura 4.9 – Lâmpada vapor metálico

- **Lâmpada a vapor metálico**

É um tipo de lâmpada que não utiliza filamentos. Seu processo de ionização do gás ocorre por indução magnética, proporcionado por um reator eletrônico que conta com bobinas magnéticas que, por indução dos elétrons, vaporiza o mercúrio. Uma vez que o desgaste dos eletrodos são o principal fator que limita a vida útil das lâmpadas de descarga. Com este processo de ionização sua vida útil pode chegar a 100mil horas, e tem umas boas características para iluminação externa e pública, principalmente em locais de difícil acesso, como por exemplo túneis e etc.

Ainda sobre sua característica ele tem uma boa durabilidade, ou seja, requerendo pouca manutenção. Seu índice de reprodução de cor (IRC) é bom em torno de 80, com uma temperatura de cor de 4000 que variando de acordo com o fabricante. Com um rendimento de 80 lm/w, tendo desvantagens de precisar de luminárias especiais, com isso ela tem um custo alto, em torno de 10 vezes a uma lâmpada de vapor de sódio. (NERY, 2012)

- **Lâmpadas LED**

O avanço tecnológico do segmento de iluminação dos últimos anos apresentou ao mundo o LED (*Light Emitting Diode*), ou Diodo Emissor de Luz. São componentes semicondutores que convertem a energia elétrica em luz visível, propondo vantagens que vão desde a redução da conta de energia a benefícios ambientais. Os diodos emissores de luz surgiram na década de 60, criados pelo engenheiro da General Electric, Nick Holonyak. Como os diodos tradicionais, o LED permite a passagem da corrente elétrica em apenas um sentido, sendo assim polarizado e emitindo luz visível. Os primeiros LEDs emitiam apenas luz vermelha, verde ou amarela. Mas foi a partir da década de 90 que surge o primeiro diodo emissor de luz azul, criado pelos ganhadores do Prêmio Nobel de Física Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura. Assim, com LEDs nas cores verde, vermelho e azul foi possível a criação da luz branca. (Cardoso, 2017)

O diodo é um material semicondutor, que é a base de qualquer dispositivo Eletrônico. Sua condutividade é controlada por meio de um processo conhecido como dopagem eletrônica, em que impurezas químicas elementares (índio ou fósforo) são adicionadas ao semicondutor com a finalidade de dotá-lo de propriedades de semicondução controlada.

O LED é formado pela junção de dois materiais semicondutores diferentes, um tipo P que contém majoritariamente lacunas, que recebem este nome pois representa a falta de elétrons (carga positiva), e um tipo N, que contém essencialmente cargas negativas, ou seja, excesso de elétrons. Por isso, o LED é conhecido como uma junção P-N.

A união destes dois semicondutores faz com que os elétrons próximos da área da junção se difundirem partindo do cátodo (N) para o ânodo (P) e as lacunas no sentido de P para N. Na recombinação de lacunas e elétrons, forma-se uma região chamada de zona de depleção, onde não há portadores de cargas. Esta recombinação gera a emissão de energia luminosa, como é mostrado na figura 4.10.

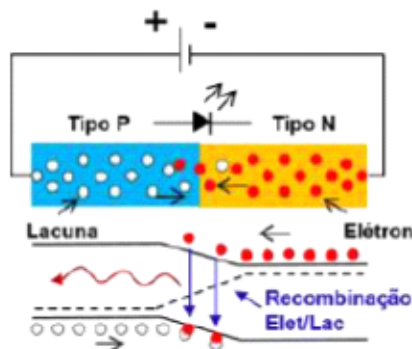


Figura 4.10 – Funcionamento do LED

A cor emitida pelo LED é função da composição dos semicondutores. A cor vermelha é associada ao composto Arsenieto de gálio e alumínio. A verde ao Fosfato de gálio. Já o LED azul é composto por Nitreto de gálio. Para a obtenção de luz na cor branca existem 3 métodos:

- 1º - Misturar diretamente luzes de três fontes monocromáticas, vermelhas, verdes e azuis para reproduzir uma fonte de luz branca através da combinação das três cores no olho humano;
- 2º - Usar um LED ultravioleta para excitar uma combinação de fósforos (material depositado próximo ao material semiconductor) vermelhos, verdes e azuis.
- 3º - Utilizar um LED azul para excitar um ou mais fósforos emissores de luz visível.

As Lâmpadas LED têm se tornado populares devido sua elevada eficiência energética e seu alto tempo de vida útil, superando as lâmpadas fluorescentes. Já existem no mercado diversos modelos disponíveis. São exemplos as LED compactas, com base E-27, as tubulares, entre outros modelos, como é representada na figura 4.11. (Cardoso, 2017)



Fonte: <https://www.seucondominio.com.br>

Figura 4.11 – Modelos de lâmpadas leds

As Lâmpadas LED são conceituadas como uma fonte de iluminação artificial limpa, pois não possui mercúrio nem outros metais em sua composição, diferente do que ocorre com as fluorescentes. Por isso, não precisam de nenhum tipo de tratamento antes de sua reciclagem. Ela é composta por 98% de material reciclável, podendo ser descartada com vidros comum.

Atualmente, a maioria dos recintos como escritórios, escolas e hospitais, utilizam em sua iluminação interna as lâmpadas fluorescentes. As lâmpadas LED destacam-se por diversas características. A seguir, elas serão descritas.

- **Índice de Reprodução de Cores (IRC):** O IRC é um índice utilizado para mensurar a qualidade de reprodução de cores de um objeto sob a incidência de uma fonte de luz artificial, comparada a uma situação determinada por um estudo que seria de aproximadamente um dia claro de verão por volta do meio-dia.

Mas para o LED, esta forma de mensurar a qualidade de reprodução de cor, está sendo muito discutida, por não apresentar resultados satisfatórios. Estudiosos sobre iluminação a LED, e o NIST (National institute of Standards and Techonology), que em breve deverá apresentar uma nova escala para quantificar a qualidade de cores (CQS), a ser adotada dela comissão internacional de iluminação (CIE), como substituta do padrão atual.

A tabela 4.1 mostras como a lâmpada é classificada quanto ao IRC.

ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES			
Excelente	Nível 1	1a - Ra 90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas
Muito bom		1b - Ra 80 a 89	
Bom	Nível 2	2a - Ra 70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos
Razoável		2b - Ra 60 a 69	
Regular	Nível 3	Ra 40 a 59	Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial
Insuficiente	Nível 4	Ra 20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

Tabela 4.1 – Classificação quanto ao IRC

- **Emissão de Infravermelho (IR) e ultravioleta (UV):** Os raios infravermelhos e ultravioletas não são visíveis a olho nu. Os IR são percebidos na forma de calor e os UV são responsáveis pelo desbotamento de cores e prejudiciais ao ser humano. Os LEDs não emitem IR nem UV no fecho luminoso.

- **Durabilidade:** Uma das principais vantagens dos LEDs em relação às lâmpadas convencionais é a sua durabilidade. Como consequência da alta durabilidade tem-se uma baixa frequência de manutenção e descarte, gerando ainda mais economia além daquela gerada pela grande eficiência energética. A tabela 4.2 exibe a durabilidade dos principais tipos de lâmpadas.

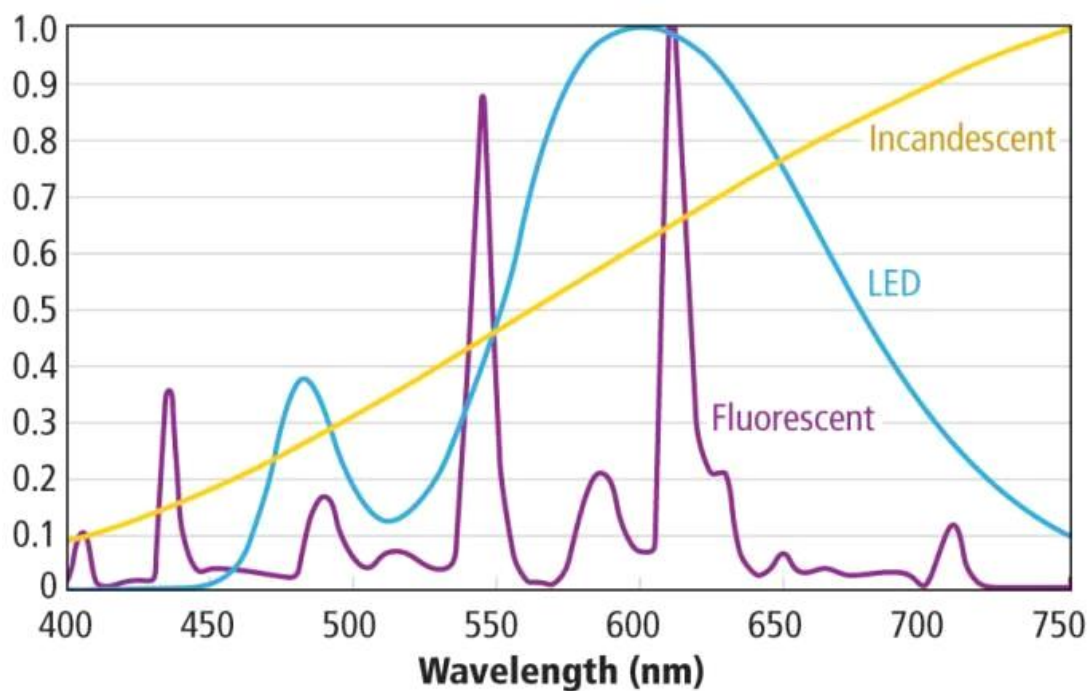
Lâmpadas	Durabilidade
Incandescentes comuns	750 a 1000 horas
Halógenas	2000 a 5000 horas
Descargas fluorescentes	7500 a 18000 horas
Descarga de alta pressão	10000 a 32000 horas
LEDs	Até mais de 30000 horas

Tabela 4.2 – Valores de durabilidade das lâmpadas

- **Resistência mecânica:** Os LEDs são componentes de estado sólido, não possuem vidro nem filamento, portanto são mais resistentes a impactos e vibrações.

- **Dimerização:** LEDs não variam a temperatura de cor quando dimerizados.

Por fim, segue um gráfico com o espectro das lâmpadas mais usadas ou mais conhecidas, para uma comparação.



Fonte: www.ledsmagazine.com.br

Figura 4.12 – Distribuição espectral de 3 tipos lâmpadas de 3000K: fluorescente, incandescente halógena e led

4.1 Importância da iluminação nos ambientes escolares

Ultimamente muitos estudos estão abordando a importância da iluminação nos ambientes escolares. E um que está sendo muito aplicado e trazendo bons resultados é um modelo que utiliza luminária da Philips chamada de SchoolVision. Este sistema utilizando estas luminárias estão sendo implantados em várias escolas na França, Alemanha e Países Baixos e de acordo com professores, alunos e especialistas que avaliaram os resultados obtidos garante que houve grande melhorar.

Este sistema inovador permite que a intensidade da luz e a cor da luz sejam ajustadas para se adaptarem à atividade a decorrer na sala de aula, o sistema SchoolVision possui quatro definições de luz dedicadas (Energia, Foco, Calmo, Normal) que podem ser selecionadas através de um touchpad para otimizar o ambiente na sala de aula para aprendizagem, tranquilizando ou estimulando as crianças, conforme seja necessário. Por exemplo, a definição “Energia” pode ser utilizada para revigorar os alunos de manhã e no início da tarde. A definição “Foco” ajuda à concentração e a definição “Calmo” proporciona um ambiente relaxante para os momentos de trabalho individual.

Estudos comprovaram que com a utilização da tecnologia a velocidade de leitura dos alunos aumentou mais de 30%, Frequência de erros diminuiu mais de 40% e o comportamento hiperativo dos alunos diminuiu em mais de 70%. (Koninklijke Philips, 2019)

5. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O objetivo deste trabalho é a proposta de um projeto de eficiência energética de retrofit na iluminação das salas de aula do terceiro andar do prédio Rodolfo Santiago da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, para melhorar o nível de iluminância média ficando de acordo com as normas brasileiras. Será feito projeto utilizando lâmpadas led.

A primeira etapa do estudo foi verificar com o auxílio do luxímetro a situação atual das salas de aulas, realizando várias medidas de iluminância e tirando a média dessas medidas. Em seguida foram feitas simulações com o software Dialux Evo para encontrar luminárias que atendessem as normas técnicas levando em consideração os custos para se tornar viável sua implantação.

5.1 Luxímetro

A iluminância é medida com um aparelho chamado luxímetro e sua unidade é o lux.

Um luxímetro consiste em um mini amperímetro ligado a uma célula fotoelétrica. Quando a luz incide sobre ela, uma corrente é formada, carregando positivamente o semicondutor da célula, enquanto a parte metálica do sensor fica carregada negativamente, gerando assim uma diferença de corrente. Essa

corrente é lida pelo aparelho e convertida para o valor equivalente em lux (unidade de iluminância) nos luxímetros digitais, enquanto nos analógicos, o mesmo é indicado através de uma escala graduada.

Abaixo apresentaremos características do luxímetro utilizado.



Fonte: mercadolivre.com.br

Figura 5.1 – Luxímetro utilizado

Marca: SKILL-TEC

Modelo: SKLD-400

Tipo de luxímetro digital

Especificações técnicas:

Escala: de 0 a 400.000 lux;

Precisão: 3% rdg \pm 0,5% f.s. (<10.000 lux) 4% rdg \pm 10 d. (>10.000 lux);

Resolução máxima: 0,1 Lux / 0,01fc;

Taxa de medição: 1,5 Hz;

Memória: 99 registros de dados;

Funções: Peak Hold, Data Hold e desligamento automático;

Alta precisão e resposta rápida;

Função de manutenção de dados para congelar a leitura atual;

Tela LCD fácil de interromper, com símbolos, unidades etc;
Zera automaticamente, para garantir que sempre se obtenham os melhores resultados;
Tempos de subida e de descida curtos;
Função de aquisição de pico que lhe dirá a mais alta medição detectada;
Unidades seleccionáveis em escala de lux ou escala de vela;
Aquisição de máximo e mínimo. Leituras relativas;
Saída USB para conectar o medidor a um computador;

5.2 Dialux Evo 8.1

O Dialux é atualmente um dos softwares de simulação mais utilizados no mundo. A empresa DIAL GmbH, origem alemã, foi a idealizadora deste software juntamente com grandes fabricantes do setor elétrico.

Sua primeira versão foi apresentada em 1994, mas só em 2005 com a versão 4.0 foi onde ela começou a se destacar, daí então o software só vem crescendo e se aprimorando, até a versão utilizada em nosso projeto, Evo 8.1.

Segundo informações fornecidas pela DIAL GmbH, o software está presente em 180 países, com média de 400mil usuários, sendo ele um software totalmente gratuito, o sistema mínimo para roda o software é o windows xp, e possuindo 26 idiomas entre eles o português.

Destacar – se que, o Dialux responde as normas internacionais, EN12464 ISSO 8995, com dados validados pela norma CIE 171:2006. Ou seja, as informações e imagens fornecidas pelo software são fielmente confiáveis.

A versão Evo 8.1 do Dialux, pode – se destacar muitas vantagens como: Possibilidade de modelar um edifício inteiro, grande biblioteca de móveis, alta qualidade nas imagens sem esquecer que é um programa leve, fácil acesso a catálogos de luminárias e dentre outras vantagens com relação a versões anteriores.

Embora não tenhamos usado ele no decorrer do curso, decidimos utiliza-lo para conhecimento, por ser um dos softwares mais utilizado por profissionais da área, por ter sempre atualizações melhorando seu desempenho se enquadrando nas normas técnicas e por possui dados atualizados dos principais fabricantes do mundo.

6. RESULTADOS

O terceiro andar do Edifício Rodolfo Santhiago possui 7 salas de aulas, 4 banheiros, uma sala dos professores, laboratórios de elétrica, depósito, laboratório de materiais e área de circulação com hall de três elevadores e escadas para acesso aos níveis inferiores. Nosso projeto visa a melhoria nas salas de aula que estão apresentadas na figura 7.1, onde apresentaremos dados atuais de iluminância das salas 30S, 31S, 32S, 33S, 34S, 35S, 36S dados esses obtidos com o auxílio do luxímetro. Após faremos a uma comparação entre o encontrado e o mínimo que a norma NBR ISSO/CIE 8995-1 exige.

Após apresentaremos duas propostas para implantação de um novo sistema de iluminação. Proposta 1 que será a substituição das lâmpadas e luminárias existente por novas luminárias utilizando lâmpadas fluorescentes. Proposta 2 que será a substituição das lâmpadas e luminárias existente por luminárias com led integrado.

Abaixo vamos apresentar a planta do terceiro andar do edifício Santhiago e apresentar a área de cada sala que será analisada no projeto.

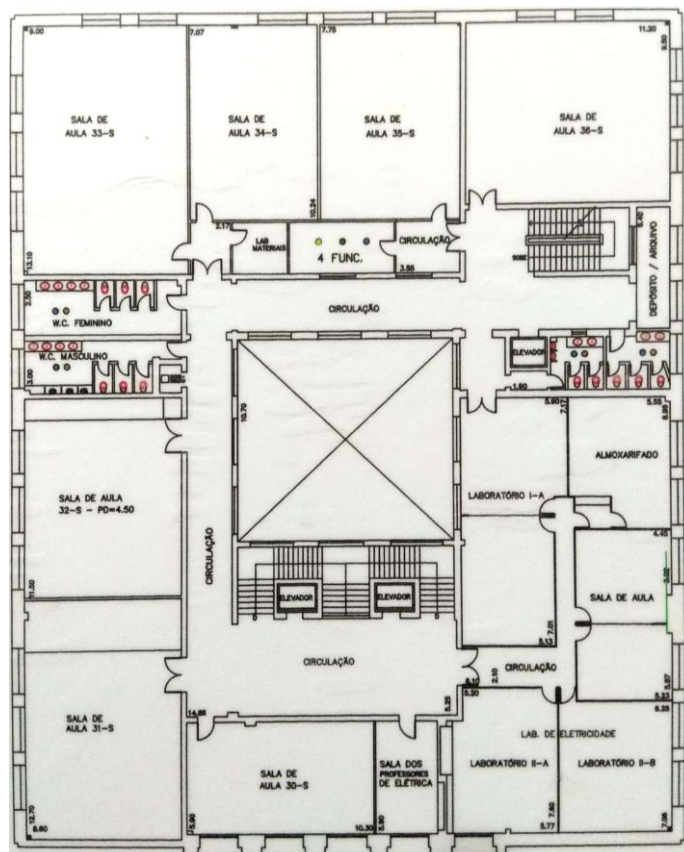


Figura 6.1 – Planta do terceiro andar do prédio Rodolfo Santhiago

Sala	Área(m²)
30S	61,95
31S	109,22
32S	98,90
33S	117,90
34S	72,40
35S	79,36
36S	106,40

Tabela 6.1 – Área das salas

6.1 Resultados obtidos com luxímetro situação atual

As salas de aulas possuem hoje dois modelos diferentes de lâmpadas, sendo algumas fluorescente compactas de 65 watts e outras luminárias com duas lâmpadas fluorescentes com 58 watts e 54watts, levaremos em conta para análise todas as fluorescentes tubulares sendo de 58 watts.



Fonte: Acervo pessoal (sala 36S)

Figura 6.2 – Lâmpada fluorescente compacta 65 watts

Figura 6.3 – Luminária fluorescente duas lâmpadas 58 watts

Realizamos várias medidas em cada sala no período noturno tirando a média dos pontos encontrados chegamos aos níveis médios presentes na tabela 6.2. (Dados colhidos apresentados no apêndice A)

Salas de Aula	Nível médio de iluminância (lux)	Nível mínima de iluminância norma (lux)
30S	205,6	500
31S	225,4	500
32S	259,4	500
33S	258,9	500
34S	241,4	500
35S	220,1	500
36S	260,5	500

Tabela 6.2 – Comparativo entre iluminância encontrado x mínimo exigido pelo NBR.

Como podemos analisar, todas as salas estão abaixo do nível que a norma exige, sendo necessário uma melhora, pois isso pode estar prejudicando o ensino dos alunos como visto nos capítulos anteriores.

6.2 Resultados obtidos com dialux Evo 8.1

Realizaremos duas simulações para cada sala, utilizando luminárias com lâmpadas fluorescentes e outra utilizando luminária com led integrado (modulo).

Devido a ter lâmpadas fluorescentes compactas e luminárias com duas fluorescentes tubulares danificadas ou até mesmo com potencias diferentes como apresentado nas figuras 6.4 e 6.5 utilizaremos novas matérias para as três propostas, com novas luminárias mais eficientes para tentar alcança os índices da NBR 8995-1 nas três propostas.



Fonte: Acervo pessoal (sala 32S)

Figura 6.4 – Luminária danificada

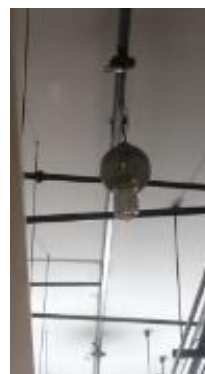


Figura 6.5 – Lâmpada fluorescente compacta queimada

Utilizando o software Dialux Evo 8.1 recriamos os ambientes a serem analisados, o software possibilita a visualização em 3D dos ambientes, como também deixá-los com os aspectos mais próximos da realidade para uma boa avaliação dos índices de iluminância, como altura das edificações, área, cor do teto, paredes e pisos, visualização de janelas e portas assim como outros moveis. As salas foram criadas em escala no software, mais para apresentar os dados obtidos não colocaremos em escala, para uma melhor visualização dos dados nas imagens. O Software realiza a simulação e lhe apresenta diversos dados, os apresentados a figuras a seguir simula o índice de iluminância no ambiente apresentando diversos pontos com o nível em lux e apresentando a média mantida no ambiente.

Realizaremos as simulações em um ambiente vazio com os seguintes parâmetros:

Altura pé direito: 3,50 metros.

Teto: cor branco, grau de reflexão 86%.

Paredes: cor marfim, grau de reflexão 75%.

Piso: cor cinzento, grau de reflexão 31%.

Será considerado para projeto que a situação das instalações elétrica do edifício está em conformidade com a norma, utilizaremos as eletrocalhas existem acrescentando luminárias se necessário para se enquadrar na NBR 8995-1 para manter o nível de iluminância médio acima de 500 lux e o índice de uniformidade acima de 70%.

Proposta 1

Luminárias analisadas:

Buscamos uma luminária com controle de ofuscamento que entregasse um bom rendimento as três melhores que encontramos foram essas:

Marca MMLUZ;

Para duas lâmpadas;

Valor R\$ 183,88.

Marca LUMILUZ

Para duas lâmpadas;

Valor R\$ 180,76.

Marca ABALUX

Para duas lâmpadas;

Valor R\$ 173,00

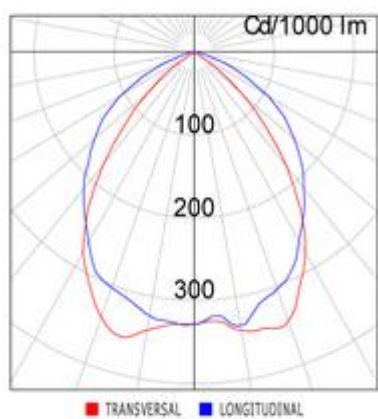
Modelo escolhido:

Luminária de sobrepor alumínio 2 x 58W (T5/T8) com controle de ofuscamento, marca abalux., com 67% de rendimento. As figuras a seguir demostram algumas características.



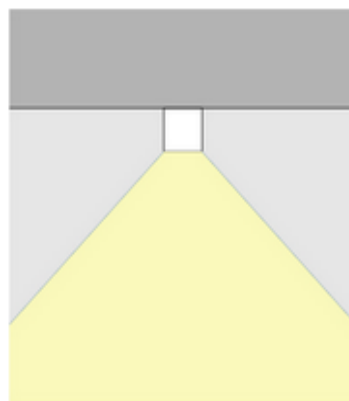
Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.6 – luminária com controle de ofuscamento.



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.7 – Distribuição luminosa.



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.8- Efeito de luz.

A=244(mm)

B= 75(mm)

C=1500(mm)



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.9 – Dimensões da luminária.

Lâmpadas analisadas:

Marca Philips;

Potencia 58 W;

Valor R\$ 25,00.

Marca Osram;

Potencia 58W;

Valor R\$ 20,00.

Modelo escolhido:

Lâmpada Fluorescente 58W, marca Osram.



Fonte: <https://www.gimawa.com/produtos>

Figura 6.10 – Lâmpada fluorescente.

Dados:

Soquete: G13

Cor: Branca Azulada

Temperatura de Cor: 6500k.

Comprimento (mm): 1500.

Diâmetro (mm): 26.

IRC (Índice Reprodução Cor): 70 a 79.

Fluxo Luminoso (Lumens): 4000.

Vida Útil (Horas): 10.000.

Acabamento: Leitosa.

Tecnologia: Fluorescente.

Eficiência Luminosa (lm/W): 69.

Material: Vidro.

Utiliza reator para acender: Sim.

Reator utilizado: reator eletrônico philips 2x58w bivolt.



Fonte: <https://www.vlpcomercial.com.br>

Figura 6.11 – Reator philips

Dados:

Vida útil: 15000 horas

Fator de potência: 0,99

Valor R\$ 114,00.

A seguir realizaremos apresentaremos a análise de cada sala utilizando esses materiais:

Foi utilizado seis luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 661 lux, com 52% de uniformidade. (Figura 6.12)

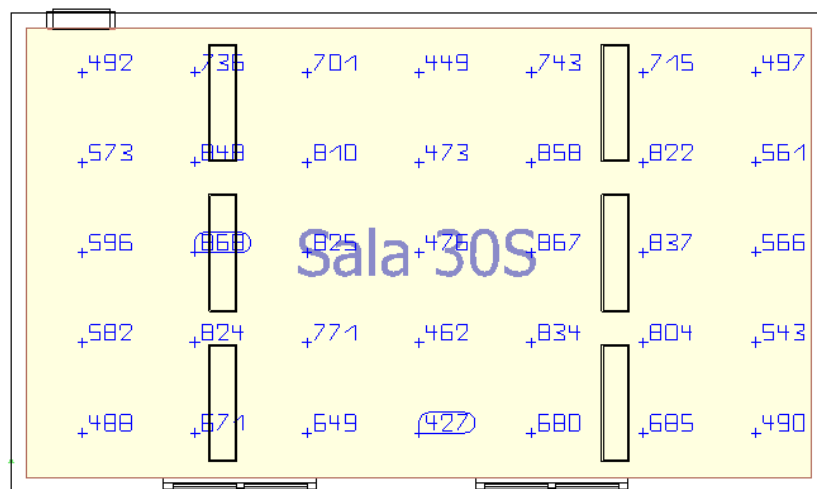


Figura 6.12 – Nível de iluminância sala 30S

Foi utilizado doze luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 737 lux, com 75% de uniformidade. (Figura 6.13)

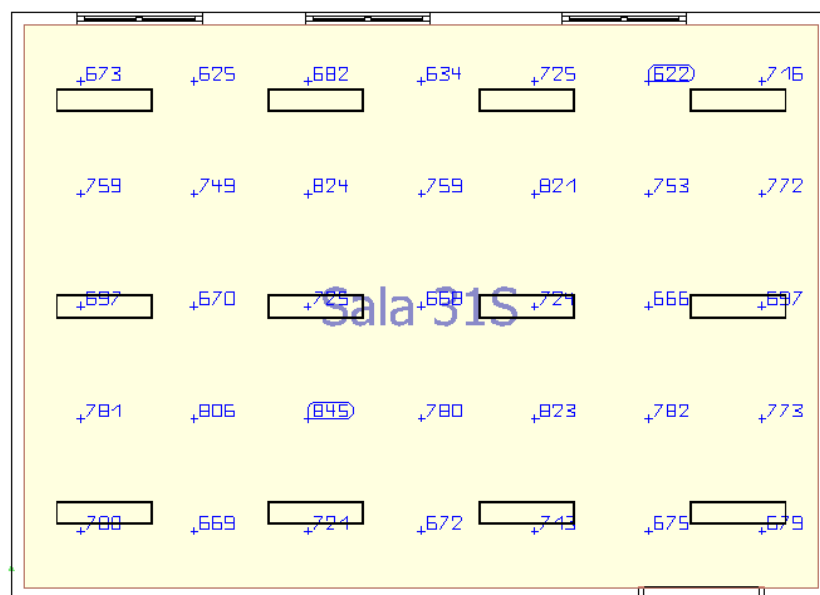


Figura 6.13 – Nível de iluminância sala 31S

Foi utilizado nove luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 639 lux, com 70% de uniformidade. (Figura 6.14)

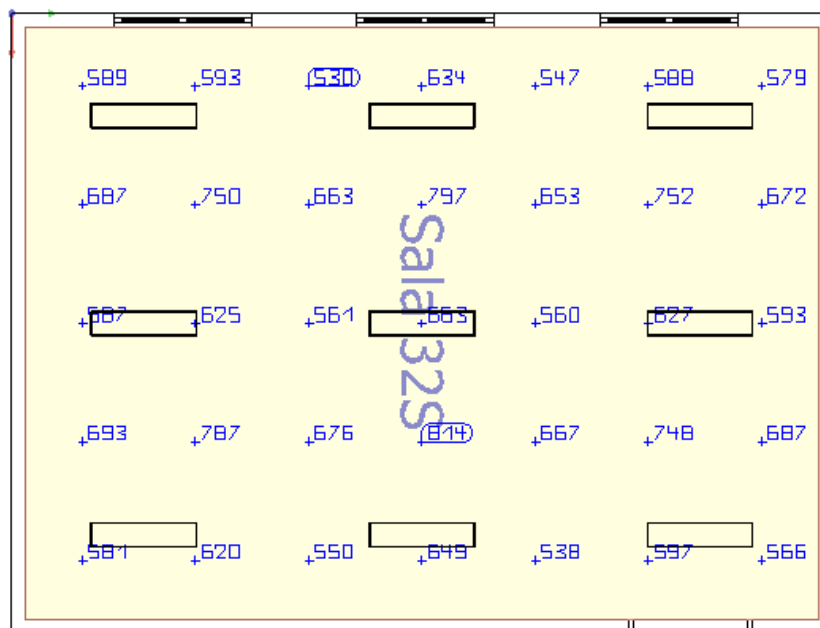


Figura 6.14 – Nível de iluminância sala 32S

Foi utilizado quinze luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 888 lux, com 66% de uniformidade. (Figura 6.15)

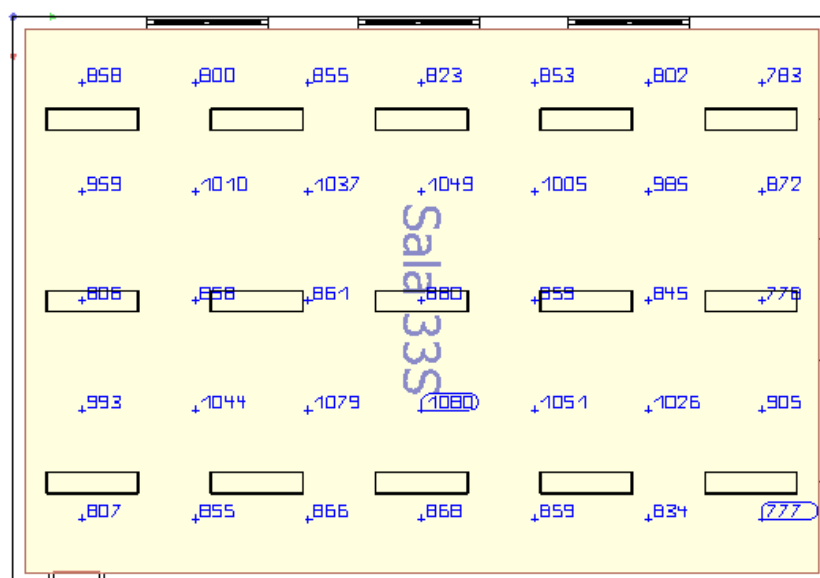


Figura 6.15 – Nível de iluminância sala 33S

Foi utilizado dez luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 943 lux, com 64% de uniformidade. (Figura 6.16)

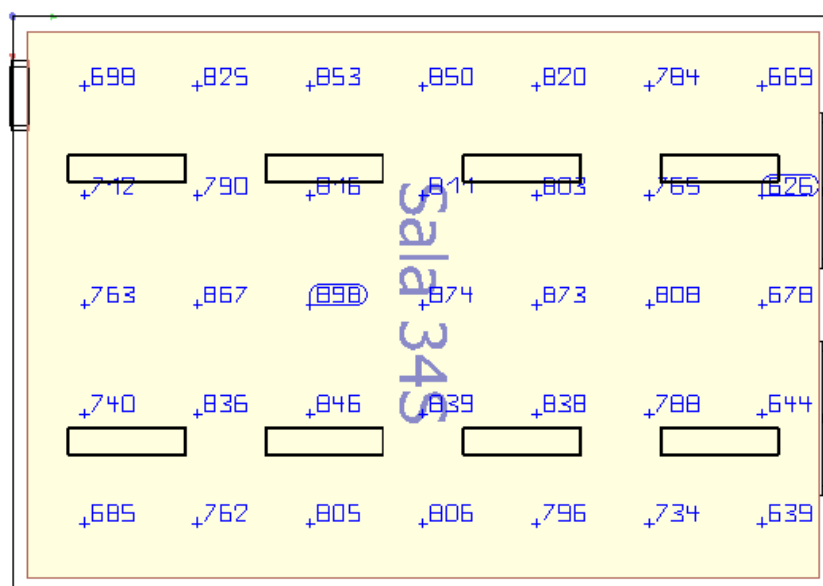


Figura 6.16 – Nível de iluminância sala 34S

Foi utilizado oito luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 692 lux, com 64% de uniformidade. (Figura 6.17)

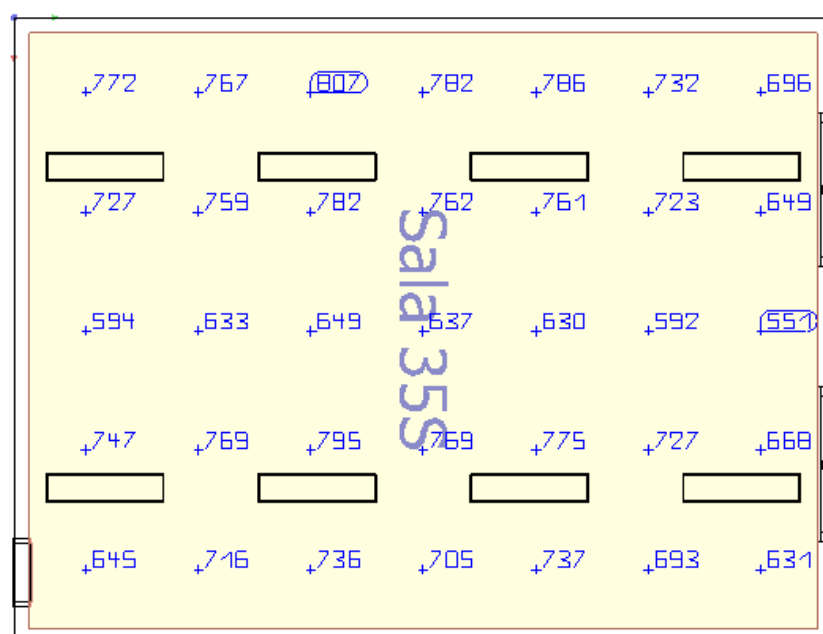


Figura 6.17 – Nível de iluminância sala 35S

Foi utilizado doze luminárias com duas lâmpadas, alcançando um nível de iluminância médio de 751 lux, com 67% de uniformidade. (Figura 6.18)



Figura 6.18 – Nível de iluminância sala 36S

Na figura 6.19 podemos visualizar o interior da sala 31S, o índice de iluminância está configurado para ser calculado a 80cm acima do nível do piso.

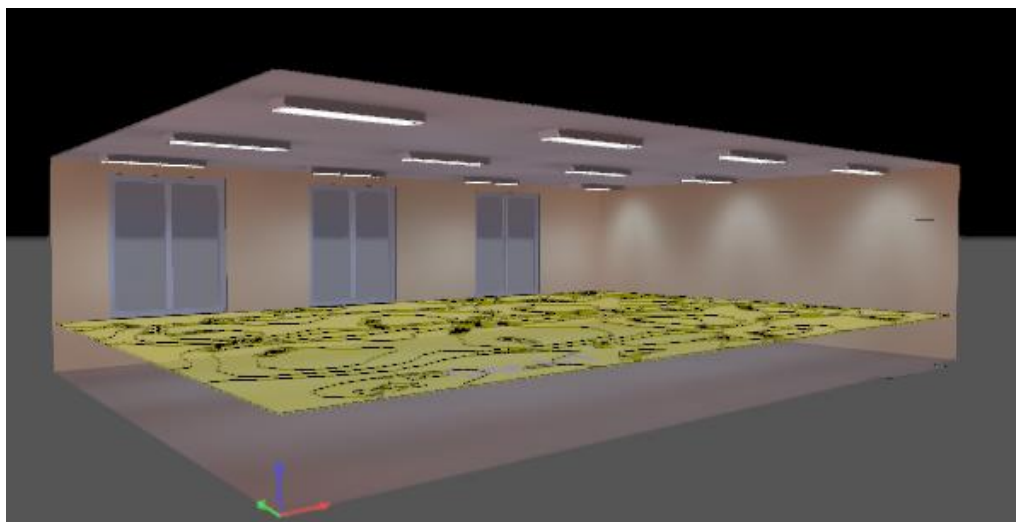


Figura 6.19 – Simulação dialux 3D sala 31S.

A figura 6.20 mostra o ambiente na sala 32S, cor teto, piso e paredes.

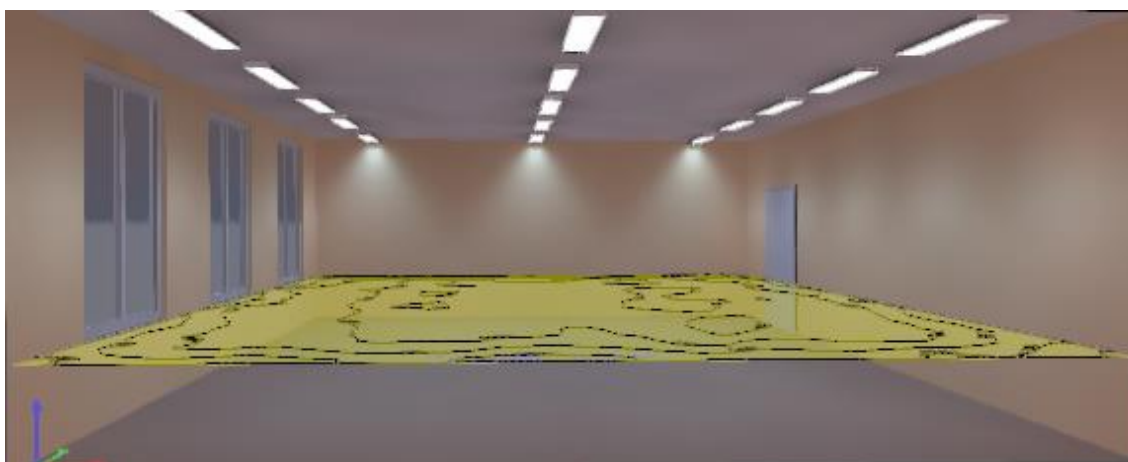


Figura 6.20 – Simulação dialux 3D sala 32S

Proposta 2

Luminárias analisadas:

Buscamos luminárias com um bom fluxo luminoso, rendimento, e vida útil.

Marca TASCHIBRA;

Potencia 70W;

Valor R\$ 1597,00

Marca ABALUX;

Potencia 73W;

Vida útil 50.000 horas;

Fluxo luminoso 8.000lm;

Rendimento 109lm/ W;

Valor R\$ 592,00.

Marca INSPIRE

Potencia 65W;

Fluxo luminoso 4.480 lm;

Vida útil 25.000 horas

Valor R\$ 550,00

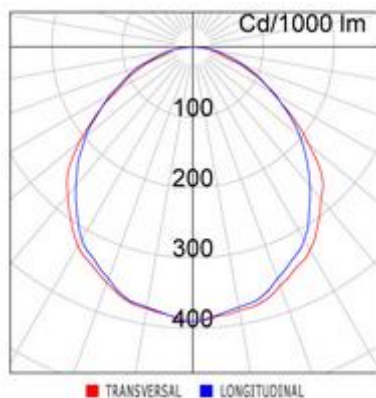
Modelo escolhido:

Utilizamos luminária com led integrado 73W, marca abalux. As figuras a seguir apresentam algumas características.



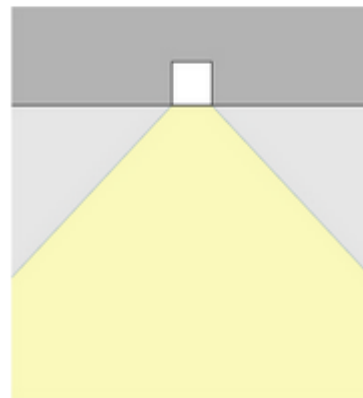
Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br>

Figura 6.21 – Luminária led integrado 73W



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.22 – Distribuição luminosa



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.23 – Efeito luz

A= 97 (mm)

B= 57 (mm)

C= 2493(mm)



Fonte: <https://www.viveza-decor.com.br/luminaria>

Figura 6.24 – Dimensões da luminária.

Dados: Luminária retangular 73W, marca abalux

Fluxo luminoso da luminária: 8000lm

Rendimento luminoso: 109lm/W

Vida útil: 50.000 horas

IRC: >80

Temperatura de cor: 5.000k

A seguir realizaremos apresentaremos a análise de cada sala utilizando esses materiais:

Foi utilizado quatro luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 550 lux, com 60% de uniformidade. (Figura 6.25)

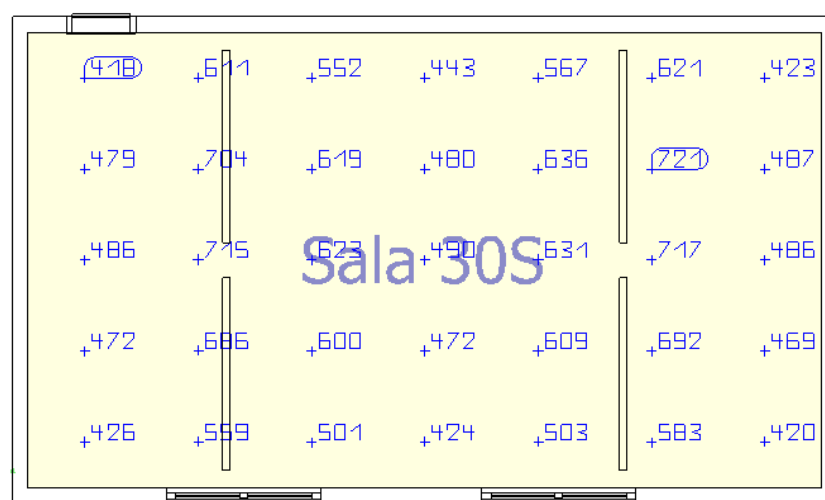


Figura 6.25 – Nível de iluminância sala 30S

Foi utilizado doze luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 730 lux, com 68% de uniformidade. (Figura 6.26)

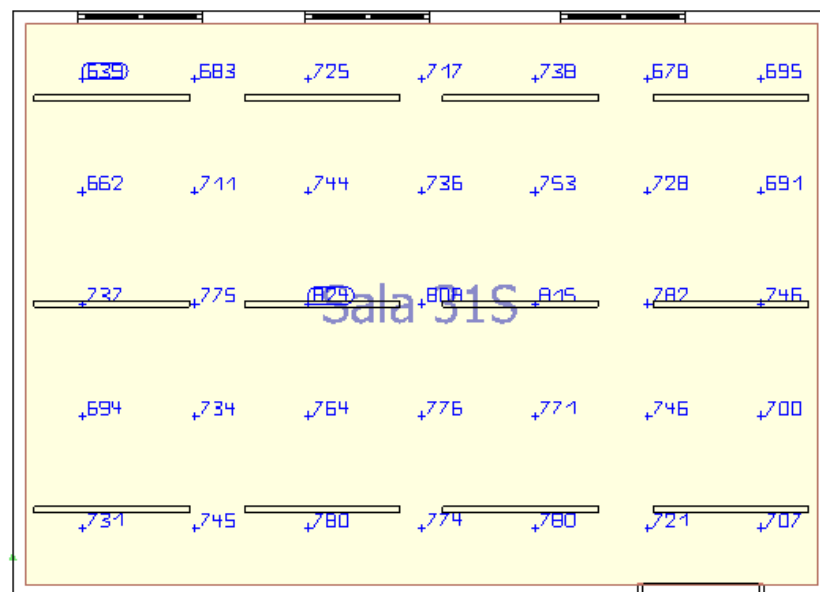


Figura 6.26 – Nível de iluminância sala 31S

Foi utilizado nove luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 623 lux, com 73% de uniformidade. (Figura 6.27)

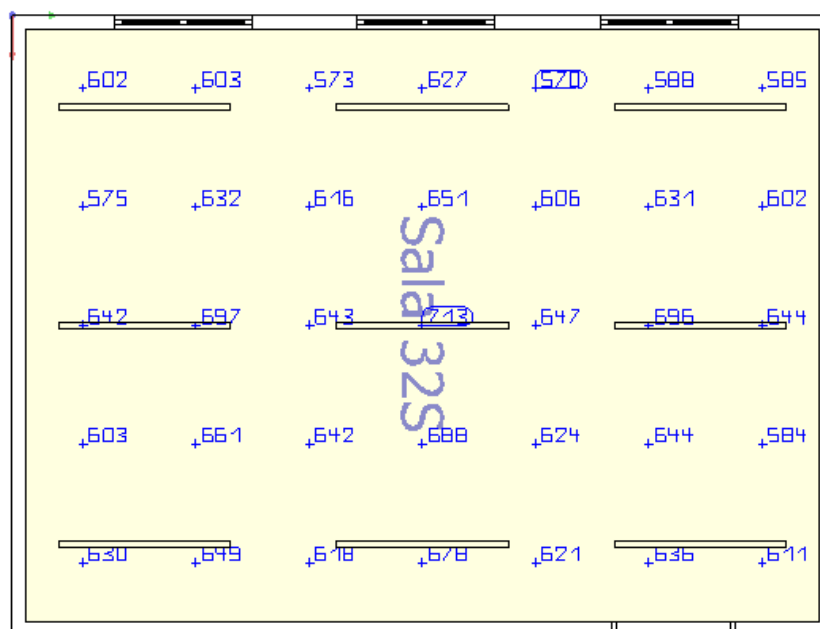


Figura 6.27 – Nível de iluminância sala 32S

Foi utilizado doze luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 693 lux, com 72% de uniformidade. (Figura 6.28)

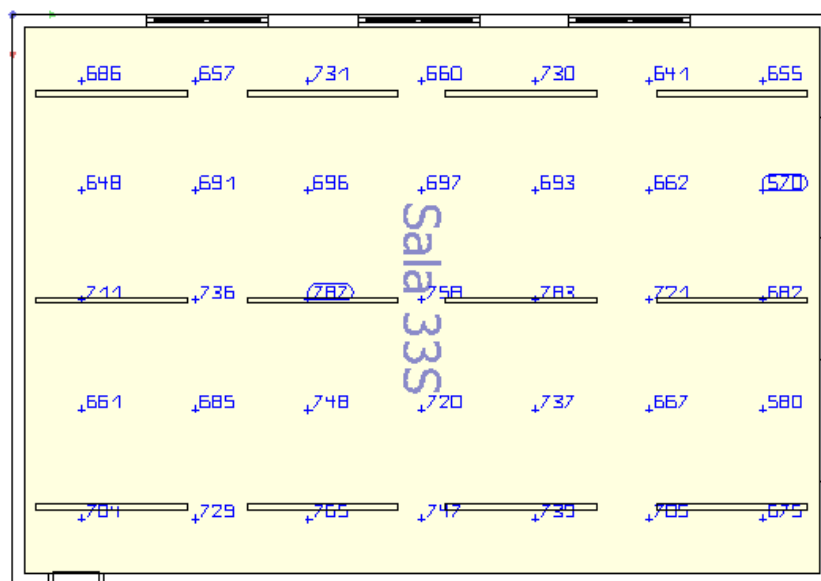


Figura 6.28 – Nível de iluminância sala 33S

Foi utilizado oito luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 775 lux, com 64% de uniformidade. (Figura 6.29)

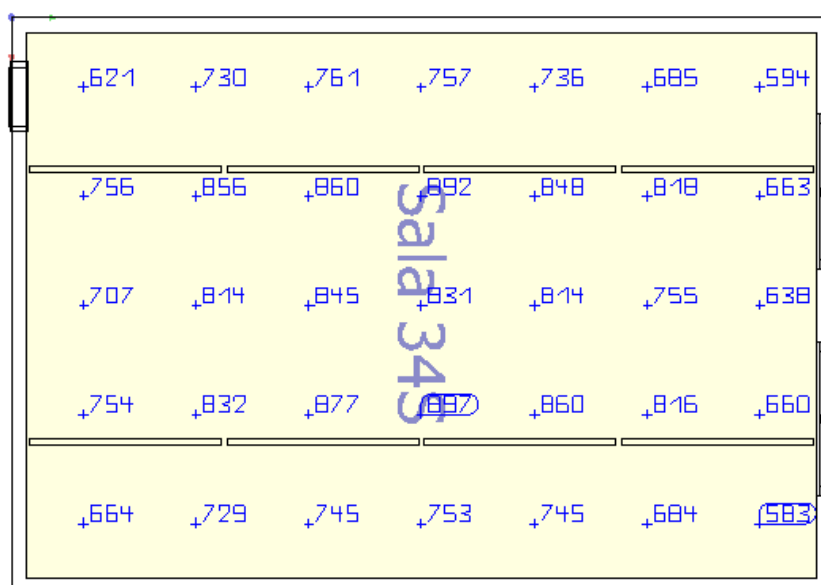


Figura 6.29 – Nível de iluminância sala 34S

Foi utilizado oito luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 690 lux, com 60% de uniformidade. (Figura 6.30)

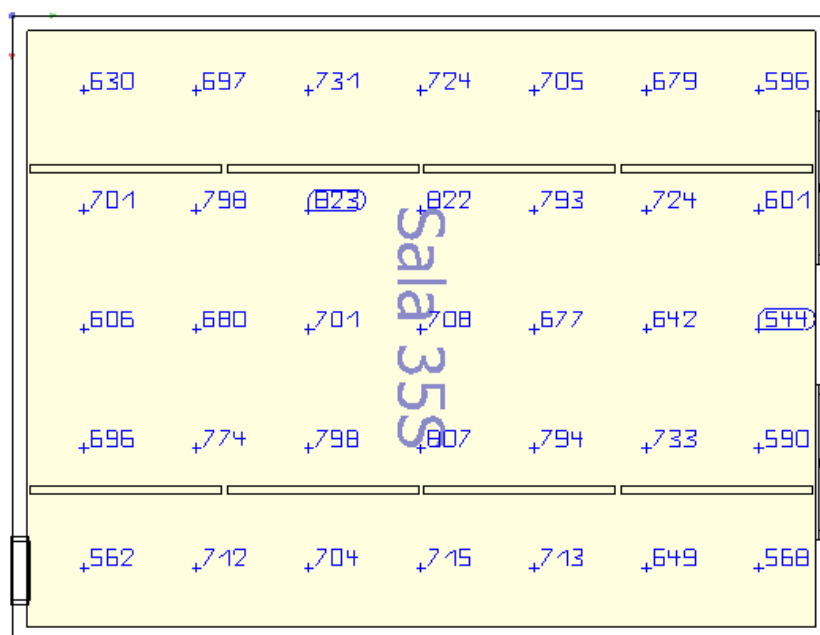


Figura 6.30 – Nível de iluminância sala 35S

Foi utilizado doze luminárias, alcançando um nível de iluminância médio de 753 lux, com 72% de uniformidade. (Figura 6.31)



Figura 6.31 – Nível de iluminância sala 36S

Na figura 6.32 podemos ver a disposição das luminárias.



Figura 6.32 – Simulação dialux 3D sala 36S

6.3 Comparação dos resultados obtidos

A tabela 6.3 apresenta o comparativo da eficiência.

Salas	Atual (lux)	Proposta 1 (lux)	Proposta 2 (lux)	NBR 8995 (lux)
30S	205,6	661	550	500
31S	225,4	737	730	500
32S	259,4	639	623	500
33S	258,9	888	693	500
34S	241,4	943	775	500
35S	220,1	692	690	500
36S	260,5	751	753	500

Tabela 6.3 – Comparativo de eficiência em relação a norma.

Tentamos manter o nível de uniformidade acima dos 70% mais em algumas salas pela má disposição das eletrocalhas não foi possível.

Pela norma 50cm em volta das paredes deve ser excluído para cálculo da uniformidade. Realizamos a medida utilizando a área total.

A tabela 6.4. Apresenta a potência instalada em cada sala.

Salas	Atual (watts)	Proposta 1 (watts)	Proposta 2 (watts)
30S	464	696	292
31S	687	1392	876
32S	840	1044	657
33S	775	1740	876
34S	594	928	584
35S	492	928	584
36S	1035	1392	876
Total	4887	8120	4745

Tabela 6.4 – Apresenta comparativo da potência instalada.

Observação: Inicialmente iríamos propor 3 propostas, a terceira seria utilizando luminárias com lâmpadas led tubular. Mais devido má disposição das eletrocalhas este modelo se tornou inviável pois para obter 500 lux mantido seria necessário utilizar muitas luminárias e em alguns casos não seria possível alcançar o índice.

7. Custo inicial

Para encontrar o custo inicial de cada proposta, primeiro vamos apurar o custo com os equipamentos e após o custo da mão de obra.

7.1 Custo equipamentos

Proposta 1

Luminária anti ofuscamento – valor R\$ 173,00. Reator Philips 2 x 58W – valor R\$114,00. Lâmpada fluorescente 58W – valor R\$ 20,00.
Total de luminárias necessário = 70 unidades. Total de reatores necessário = 70 unidades. Total de lâmpadas necessário = 140 unidades.
Custo total de material = R\$ 22.890,00.

Proposta 2

Luminária led integrado – valor R\$ 592,00
Total de luminária necessário = 65 unidades
Custo total de material = R\$ 38.480,00

7.2Custo mão de obra

Na mão de obra foi realizada orçamento com a empresa JSan projetos e instalações Ltda. Foi cobrado R\$ 10,00 para a retirada de cada ponto a ser retirado. E cobrado R\$ 30,00 para instalação de cada luminária.

Proposta 1

Retirada de 54 luminárias, total R\$ 540,00.
Instalação de 70 luminárias, total R\$ 2.100,00.
Mão de obra total = R\$ 2.640,00.

Proposta 2

Retirada de 54 luminárias, total R\$ 540,00
Instalação de 65 luminárias, total R\$ 1.950,00
Mão de obra total = R\$ 2.490,00

7.3 Custo inicial total

Proposta 1	Proposta 2
Custo total R\$ 25.530,00.	Custo total R\$ 40.970,00

7.4 Discussões sobre as propostas

O custo da proposta 2 ficou 37,6% maior que a proposta 1. Mais precisamos levar outras considerações como:

Tempo de vida da luminária led é 50.000 horas enquanto a lâmpada fluorescente possui 10.000 horas e o reator necessário possui 15.000 horas.

Com isso podemos avaliar que o custo de uma luminária led durante seu tempo de vida equivale a dez lâmpadas fluorescente e três reatores.

Outro ponto e ainda mais importante é a questão do consumo com a luminária led ficou em 4,745KWh, enquanto com as luminárias fluorescente adicionando por questão de cálculo 10% de consumo dos reatores ficou em 8,932KWh.

Com isso temos uma economia de 46,9% no uso das luminárias de led.

Comparado o consumo por um período de tempo das duas propostas com uma tarifa de R\$0,29 por KWh poderemos ter uma melhor noção desta economia.

Considerando que as luzes ficam acessas por 12 horas por dia e 260 dias no ano.

	Consumo energético (KWh)	Consumo energético anual (KWh)	Tarifa (R\$)	Valor total (R\$)
Proposta 1	8,932	27.867,85	0,29	8.081,68
Proposta 2	4,745	14.804,4	0,29	4.293,28

Tabela 7.1 – Cálculo do consumo energético

Encontrando um coeficiente anual para a troca da luminária led, reator e lâmpada fluorescente podemos estimar com exatidão em quanto tempo levaria para luminária a led compensar o investimento inicial. (O apêndice B demonstra que o fator de depreciação será basicamente o mesmo, não sendo necessário ser considerado).

Para recuperar o investimento inicial será necessários quatro anos. Após isso a cada ano terá uma economia de R\$3.788,00.

8 CONCLUSÃO

Concluimos que as salas precisam de um retrofit, e que se mantendo a mesma estrutura das eletrocalhas a luminária de led integrado seria a melhor opção pois além da economia que se é necessária, também a o ponto de ser uma tecnologia limpa, não sendo prejudicial a natureza com as lâmpadas fluorescentes. Com uma economia de 46,7% a proposta também se torna financeiramente viável.

Analizamos que o consumo hoje tendo um nível abaixo da norma, seria o mesmo consumo com a proposta dois implantada, estando de acordo com a norma.

Utilizamos matérias de primeira qualidade, com maior eficiência para alcançar um ambiente seguro e confortável.

O software dialux Evo satisfaz nossa necessidade e se mostro um ótimo software para ser implementado nas aulas, pois além de gratuito possui muitos recursos.

9 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABNT. (2006). *ISO/IEC guia 2*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2013). *NBR ISO/CIE 8995-1, Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior*. Rio de Janeiro.
- ALDABÓ, R. (2012). *Qualidade na energia elétrica*. São Paulo: Artiber.
- CAPELLI, A. (2013). *Energia elétrica: Qualidade e Eficiência para aplicação industrial*. Érica.
- Cardoso, O. (2017). *Iluminação Eficiente*. João Pessoa.
- Eduarda, M. (08 de maio de 2018). *História das lâmpadas*. Fonte: iluminim: <https://blog.iluminim.com.br>
- Eletrobras. (2019). *Eletrobras Procel*. Fonte: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel>"Procel
- INMETRO. (2019). *Programa brasileiro de etiquetagem*. Fonte: https://www2.inmetro.gov.br/pbe/pdf/folder_pbe.pdf
- Koninklijke Philips. (2019). *Philips*. Fonte: <http://www.lighting.philips.com.br>
- NERY, N. (2012). *instalações elétricas: princípios e aplicações*. São Paulo: Érica.
- Normas. (2019). *Normas Brasil*. Fonte: www.normasbrasil.com.br
- OSRAM. (2007). *Apostila de iluminação: conceitos e projetos*. Rio de Janeiro.
- OSRAM. (15 de janeiro de 2010). *Manual luminotécnico prático*. Fonte: slideshare: <https://pt.slideshare.net/krlosars/osram-manual-luminotcnico-pratico>
- Prodesco/Abesco. (2019). *Eficiencia Energetica*. Fonte: <http://www.abesco.com.br/pt/a-proesc>
- Rodrigues, P. (Julho de 2002). *Manual de iluminação eficiente*. Fonte: <http://www.cqgp.sp.gov.br/>
- SILAS, J. (12 de maio de 2019). *Opitica as cores dos objetos*. Fonte: mundoeducação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-optica-as-cores-dos-objetos.htm>
- VivaDecoraPro. (2018). *VivaDecoraPro*. Fonte: <https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/curva-fotometrica>l "
- Wikipedia. (2019). Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>

Apêndice A – Medidas com luxímetro nas salas analisadas

A tabela a seguir apresenta os valores encontrados nas salas em lux.

Medidas	Sala 30S	Sala 31S	Sala 32S	Sala 33S	Sala 34S	Sala 35S	Sala 36S
1°	160,2	180,3	392,1	156,8	179,9	178,5	181,2
2°	215,5	200,2	360,5	380,2	382,1	199,1	202,9
3°	139,5	203,8	201,3	382,1	202,3	201,9	409,5
4°	198,3	310	304,2	360,3	306,9	305,2	315,5
5°	139,6	329,1	183,2	189,3	186,8	185,9	399,2
6°	140,5	190,1	185,3	349,5	191,3	298,4	290,5
7°	168,2	167,3	160,3	239,5	167,3	166,3	220,3
8°	188,7	189,3	250,4	156,9	189,2	189,3	184,2
9°	205,3	201,2	199,2	260,7	200,8	200,1	203,4
10°	204,3	208,3	205,3	169,2	207,5	206,1	206,8
11°	290,3	316,2	317,5	405,2	315,2	318,2	317,2
12°	195	198,3	196,3	190,6	198,3	197,8	192,6
13°	183,2	190,1	399,2	180,3	187,3	186,1	290,2
14°	163,2	372,1	168,2	289,4	170,3	169,3	395,9
15°	340,2	180	177,7	329,4	393,4	178,2	180,5
16°	193,2	198,3	195,3	190,2	386,4	196,3	200,6
17°	349,5	199,6	194,3	166,3	290,1	360,4	202,8
18°	269,9	306,8	304,4	165,2	306,8	306,1	310,8
19°	183	180,3	391,2	220,3	180,2	178,6	259,5
20°	185,2	186,3	401,2	398,2	185,2	184,3	246,4
Média	205,6	225,4	259,4	258,9	241,4	220,1	260,5

Tabela apêndice A – índice de iluminância atuais

Apêndice B – Cálculo de coeficientes para análise

As luzes ficam acessas por um período de 12 horas diárias.

Por 260 dias ao ano.

Multiplicando 12 por 260, encontramos que as lâmpadas ficam acessas por 3.120 horas por ano.

Luminária led possui vida útil de 50.000 horas.

Dividindo 3.120 por 50.000, encontramos 0,0624 que será o coeficiente de troca da luminária de led.

A lâmpada fluorescente possui vida útil de 10.000 horas.

Dividindo 3.120 por 10.000, encontramos 0,312 que será o coeficiente de troca da lâmpada fluorescente.

O reator possui vida útil 15.000 horas.

Dividindo 3.120 por 15.000, encontramos 0,208 que será o coeficiente de troca do reator.

Multiplicando esses coeficientes pelos valores dos equipamentos encontraremos um valor de depreciação dos equipamentos.

Luminária Led valor R\$ 592,00 x 0,0624 = R\$ 36,94

Lâmpada fluorescente valor R\$ 20,00 x 0,312 = R\$ 6,24 x 2 = R\$ 12,48

Reator valor R\$114,00 x 0,208 = R\$ 23,71

Com isso podemos concluir que o valor de depreciação da proposta 1 e proposta 2 serão basicamente os mesmos. Não sendo necessário leva-los em consideração.