



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

VIVALDO MIRANDA NETO

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO DO BLOCO DE SALAS DE AULA DE UMA ESCOLA NO
INTERIOR DO RIO GRANDE DO NORTE**

ANGICOS/RN

2022

VIVALDO MIRANDA NETO

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO DO BLOCO DE SALAS DE AULA DE UMA ESCOLA
NO INTERIOR DO RIO GRANDE DO NORTE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Valquiria Melo Souza Correia, Prof^ª.
Dr^ª.

ANGICOS/RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M672e Miranda , Vivaldo Neto.
ESTUDO LUMINOTÉCNICO DO BLOCO DE SALAS DE
AULA DE UMA ESCOLA NO INTERIOR DO RIO GRANDE
DO NORTE
/ Vivaldo Neto Miranda . - 2022.
63 f. : il.

Orientadora: Valquiria Melo Souza Correia.
Monografia (graduação) - Universidade
Federal
Rural do Semi-árido, Curso de
Ciência e Tecnologia, 2022.

1. Salas de Aula. 2. Estudo Luminotécnico.
3. Iluminação. I. Correia, Valquiria Melo
Souza, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças, me guiar, me abençoar, me proteger e estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Maria das Vitorias Moura da Silva e Flávio Paiva Miranda, por serem dois seres humanos incríveis, incentivadores e responsáveis pela pessoa que sou hoje. Amo muito vocês.

Agradeço à minha orientadora, Professora Valquiria Melo Souza Correia, por toda ajuda, paciência e dedicação para a realização deste trabalho.

Agradeço a direção e aos professores da escola EEFOC, que contribuíram diretamente para a realização deste estudo.

Agradeço a todos os professores em que tive a oportunidade de conhecer, aprender e evoluir com seus ensinamentos durante o curso.

Agradeço aos meus amigos, Alan, Luiz (Major), Rivaldan e Tiago, por toda a ajuda e apoio, e por compartilharmos momentos incríveis em todos os períodos do curso, tamo junto.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho e para a apresentação do mesmo.

RESUMO

A iluminação está presente no dia a dia de todos, sua utilização interfere diretamente na qualidade da realização de tarefas e na saúde de seus usuários. Assim, visando uma melhor utilização das fontes luminosas em ambientes educacionais, notou-se a demanda para a produção deste trabalho. O estudo tem como finalidade realizar uma análise luminotécnica no bloco de salas de aula da Escola Estadual Francisco de Oliveira Cabral (EEFOC) Lajes/RN, essa análise busca saber se a iluminação das salas atende as necessidades dos alunos e professores. Além disso, o estudo propõe medidas para uma iluminação mais eficiente e realiza um comparativo utilizando a norma brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Acredita-se que a iluminação das salas de aula não atende os requisitos propostos pela norma NBR 8995-1/2013. Diante disso, Com o uso das bibliografias específicas do trabalho, o uso de cálculos apurados por meio do método dos lumens, o uso do software Dialux evo, das especificações das salas de aula, especificações das lâmpadas encontradas e o catálogo das luminárias, foi possível a realização do trabalho, comprovando que o bloco de aulas não atende os requisitos para planejamento de iluminação propostas pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013. Por fim, o trabalho oferece maneiras para uma melhor qualidade do sistema de iluminação e eficiência energética da escola, buscando amenizar os fatores negativos encontrados e visando o incentivo para as questões sobre iluminação e sua utilização de modo eficiente.

Palavras-chave: Estudo luminotécnico, Iluminação, Salas de aula.

ABSTRACT

Lighting is present in everyone's daily life, its use directly interferes with the quality of performing tasks and the health of its users. Thus, aiming at a better use of light sources in educational environments, there was a demand for the production of this work. The study aims to carry out a lighting analysis in the block of classrooms of the Francisco de Oliveira Cabral State School (EEFOC) Lajes/RN, this analysis seeks to know if the lighting of the rooms meets the needs of students and teachers. In addition, the study proposes measures for more efficient lighting and makes a comparison using the Brazilian standard ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 Lighting of work environments Part 1: Interior. It is believed that classroom lighting does not meet the requirements proposed by the standard NBR 8995-1/2013. Therefore, with the use of the specific bibliographies of the work, the use of calculations calculated using the lumens method, the use of the Dialux evo software, the specifications of the classrooms, specifications of the lamps found and the catalog of luminaires, it was possible to carrying out the work, proving that the class block does not meet the requirements for lighting planning proposed by the ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 standard. Finally, the work offers ways to improve the quality of the lighting system and energy efficiency of the school, seeking to alleviate the negative factors found and aiming to encourage questions about lighting and its efficient use.

Keywords: Lighting study, Lighting, Classrooms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro da Radiação.....	17
Figura 2 - Composições das Cores.....	17
Figura 3 - Espectro da Luz Visível.....	18
Figura 4 - Fluxo luminoso.....	19
Figura 5 - Iluminância.....	20
Figura 6 - Luminância.....	20
Figura 7 - Ofuscamento.....	21
Figura 8 - Entorno Imediato.....	22
Figura 9 - Componentes do LED.....	24
Figura 10 - Modelos de lâmpadas LED.....	24
Figura 11 - Luminárias de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso.....	25
Figura 12 - Luminárias de sobrepor e Embutidas.....	26
Figura 13 - Curva de distribuição de Intensidades Luminosas.....	27
Figura 14 - Distribuição das luminárias.....	28
Figura 15 - Luxímetro LED HIKARI HLX - 912.....	30
Figura 16 - Interface Software DIALux.....	32
Figura 17 - Entrada da Escola EEFOC.....	34
Figura 18 - Representação de satélite da escola EEFOC.....	35
Figura 19 - Planta do bloco de aulas.....	35
Figura 20 - Leiautes das salas de aula.....	36
Figura 21 - Sala 1.....	36
Figura 22 - Sala 6.....	37
Figura 23 - Quadro de distribuição da iluminação e ar condicionados.....	38
Figura 24 - Luminaria OS - 122 tubo LED Intral.....	39
Figura 25 - Luminárias sala 1.....	40
Figura 25 - Luminárias sala 6.....	40
Figura 25 - Pontos de malha por sala de aula.....	41
Figura 26 - Representação das salas no software DIALux.....	48
Figura 27 - Superfícies e Pontos de cálculo UGR.....	49
Figura 28 - Uniformidade das luminárias.....	52
Figura 29 - Luminária LED ILUMINIM Sobrepor.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura de Cor.....	21
Tabela 2 - Dimensões das Salas.....	34
Tabela 3 - Lâmpadas e Luminárias por sala.....	36
Tabela 4 - Características da Luminária.....	37
Tabela 5 - Número de pontos de malha por sala.....	38
Tabela 6 - Medição das iluminâncias (lux) das fontes artificiais.	40
Tabela 7 - Medição das iluminâncias (lux) da fonte natural.	41
Tabela 8 - Uniformidade da iluminância Artificial.....	42
Tabela 9 - Índice local.....	44
Tabela 10 - Coeficiente de utilização U.....	45
Tabela 11 - Fluxo total por ambiente e número de luminárias.....	46
Tabela 12 - Superfícies e pontos de cálculo (UGR) por sala.....	48
Tabela 13 - Comparativo ESTUDO x NBR ISO 8995-1/2013.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LED	Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
EEFOC	Escola Estadual Francisco de Oliveira Cabral
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi Árido
CDL	Curva de Distribuição Luminosa
IRC	Índice de Reprodução de Cor
UGR	Índice de Ofuscamento Unificado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 TERMOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO	16
3.1.1 Luz	16
3.1.2 Cor	17
3.1.3 Fluxo Luminoso	18
3.1.4 Intensidade Luminosa	19
3.1.5 Iluminância	19
3.1.6 Luminância	20
3.1.7 Ofuscamento	21
3.1.8 Temperatura de Cor	21
3.1.9 Plano de Trabalho e Área de Tarefa	22
3.1.10 Entorno Imediato	22
3.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	23
3.2.1 Lâmpada de LED	23
3.2.2 Luminárias	25
3.2.3 Curva de Distribuição Luminosa	26
3.2.4 Ângulo de Abertura	27
3.2.5 Definição Dos Pontos de Iluminação	27
3.2.6 Luxímetro	28
3.2.7 Cálculo das Malhas	29
3.2.8 Uniformidade da Iluminação Artificial	30
3.2.9 Índice de Ofuscamento Unificado (UGR)	30
3.2.10 Software DIALux	30
3.3 LUZ NATURAL	31
3.4 LEGISLAÇÃO E NORMA	31
3.4.1 Norma Brasileira - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013	32
4. METODOLOGIA	34
4.1 Caracterização do Objeto de Estudo	34

4.2 Dimensões das Salas.....	37
4.3 Controle da Iluminação.....	38
4.4 Lâmpadas.....	38
4.5 Luminárias.....	39
5. ESTUDO LUMINOTÉCNICO	41
5.2 Números de Pontos de Malhas.....	41
5.3 Coleta das Iluminâncias	42
5.4 Uniformidade da Iluminação Artificial.....	45
5.5 Método dos Lumens.....	45
5.6 Cálculo de Ofuscamento Unificado (UGR).....	49
5.7 Índice de Reprodução de Cor (Ra).....	51
6. COMPARATIVO ENTRE O ESTUDO REALIZADO E A NORMA NBR 8995-1/2013.....	51
7. SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	53
7.1 Instalação e Troca de Luminárias.....	53
7.2 Controle de Iluminação.....	55
7.3 Manutenção	55
7.4 Considerações sobre energia e eficiência energética.....	55
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	58
ANEXO I.....	60
ANEXOII.....	61
ANEXOIII.....	62
ANEXO IV.....	63

1. INTRODUÇÃO

Um projeto luminotécnico é a forma mais adequada e segura para determinar a quantidade de iluminâncias e lâmpadas de um ambiente, este método sempre leva em consideração o planejamento, os aspectos dos recintos e as fontes de luz a serem utilizadas, com isso, esse estudo tem como função economizar e eliminar desperdícios de energia, ou suprir e amenizar a ausência de iluminação dos ambientes (França, 2019).

O principal componente analisado em um projeto luminotécnico são as lâmpadas e luminárias. Diante disso, em um contexto histórico, Thomas Edison no ano de 1878, criou o que pode ser considerado um dos maiores desenvolvimentos relacionados ao assunto, a primeira lâmpada elétrica com fio de platina, também conhecida como lâmpada incandescente. Com o passar dos anos, muitas outras lâmpadas foram criadas e assim o mercado foi se inovando, dessa forma, questões como eficiência energética se tornaram fatores para escolher a melhor lâmpada para os projetos de iluminação dos ambientes. As principais lâmpadas do mercado são as lâmpadas fluorescentes e de LED Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz). As lâmpadas fluorescentes funcionam por meio da ionização de átomos de gás argônio e vapor de mercúrio, possuindo uma grande eficiência por emitir energia eletromagnética em forma de luz. Já as lâmpadas de LED possuem uma tecnologia extremamente eficiente, que proporciona uma melhor potência de iluminação com consumo consideravelmente muito baixo. No Brasil, desde 2014, não se pode fabricar nem importar lâmpadas incandescentes de 150 e 100 watts. Já as lâmpadas LED são as mais utilizadas devido aos diversos benefícios relacionados à sustentabilidade, economia e durabilidade (NEOENERGIA, 2022).

Diante disso, com o passar dos anos houve a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre as questões de iluminação para os ambientes profissionais e pessoais, logo, foram criadas normas regulamentadoras que regem a qualidade, o bem estar e a saúde ergonômica dos usuários. A principal norma regulamentadora que nivela a qualidade luminotécnica dos ambientes de trabalho é a NORMA BRASILEIRA NBR ISO/CIE 8995-1/2013, que trata da especificação dos requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que os usuários desempenhem tarefas visuais de qualidade, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Contudo, além de uma iluminação de qualidade, também se faz necessário a utilização

das questões energéticas eficientes, buscando a melhor forma da utilização das fontes, gerando a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obtendo o mesmo trabalho de iluminação utilizando menos energia. O aproveitamento de iluminação natural, a luminária ideal, e a utilização de equipamentos específicos são alguns exemplos da utilização desse sistema eficiente de energia no nosso dia a dia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é fazer um estudo e análise luminotécnico do bloco de salas de aula da Escola Estadual Francisco de Oliveira Cabral (EEFOC) localizada no interior do Rio Grande do Norte, buscando saber se as salas do bloco seguem os requisitos de iluminação recomendados da Norma Brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e se a quantidade de luminárias estão adequadas para o ambiente.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Estudar as bibliografias voltadas para meio luminotécnico, a Norma Brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e os requisitos de iluminação recomendados por ela.
- Fazer um levantamento da qualidade da iluminação do bloco de salas de aula da escola EEFOC, através de métodos de estudo luminotécnicos (método dos lumens).
- Fazer uma comparação entre a iluminação do bloco de salas de aula e a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.
- Propor medidas e soluções para uma iluminação mais eficiente e com mais qualidade para os alunos da escola.

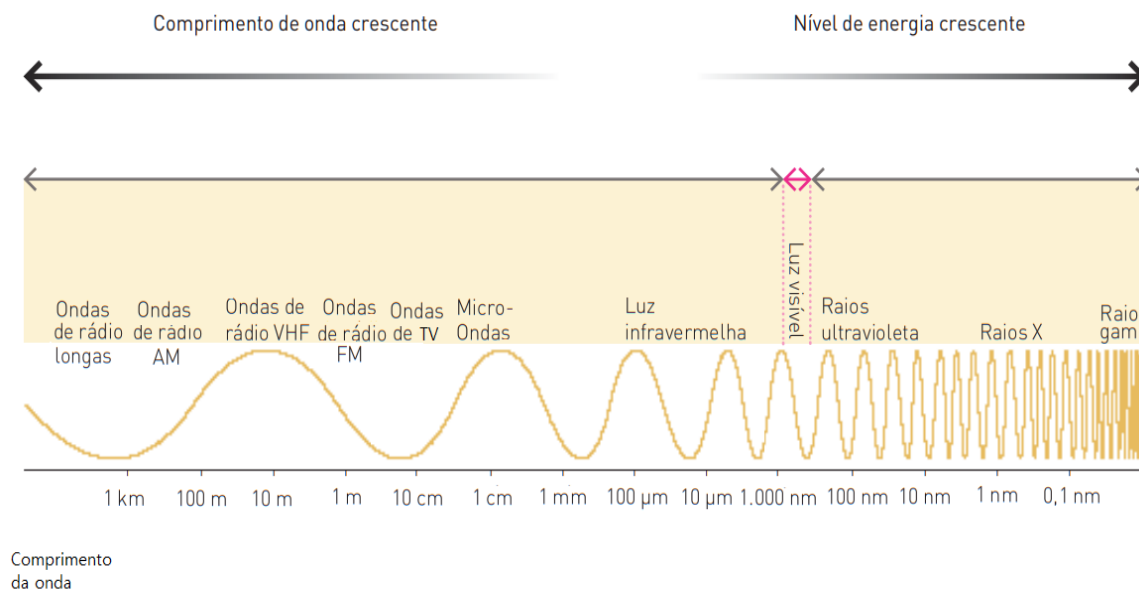
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TERMOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO

Para um melhor entendimento, será apresentado a seguir alguns termos referente à pesquisa do trabalho, esses termos tiveram embasamento em algumas bibliografias específicas sendo que a principal delas é a Norma Brasileira de Iluminação de Ambientes de Trabalho ABNT NBR ISO/CIE-8995:2013.

3.1.1 Luz

Segundo (Creder, 2007) a luz é o aspecto da energia radiante que um observador humano constata pela sensação visual, determinado pelo estímulo da retina ocular. Diante disso, podemos definir a luz como uma forma de energia. Ela pertence ao espectro eletromagnético, que também inclui ondas de rádio, raios X, raios infravermelhos e raios ultravioleta. Segundo Innes (2014) todas essas variedades de ondas são tipos de radiação eletromagnéticas que se distinguem pelo seu comprimento de onda e pelos seus níveis de energia. Como resultado, podemos dizer que a luz é simplesmente a energia eletromagnética visível, cuja magnitude de onda sensibiliza nosso sistema visual e nos proporciona a percepção e o sentido da visão. Já a radiação infravermelha, ainda que seja outra forma de radiação eletromagnética, não é visível para nossos olhos, essa radiação não nos desperta sensibilidade visual, em vez disso, nos faz sentir uma sensação térmica em forma de calor. Como citado, a luz visível faz parte do espectro da radiação eletromagnética. Dessa forma, Innes (2014) afirma que a radiação tem comprimento de onda entre aproximadamente 380 e 750 nm é a única parte do espectro eletromagnético que percebemos como luz. Pode-se observar na Figura 1 as diferenças de comprimento de ondas representadas no espectro da radiação.

Figura 1 - Espectro da Radiação.

Fonte: INNES, adaptado 2014.

3.1.2 Cor

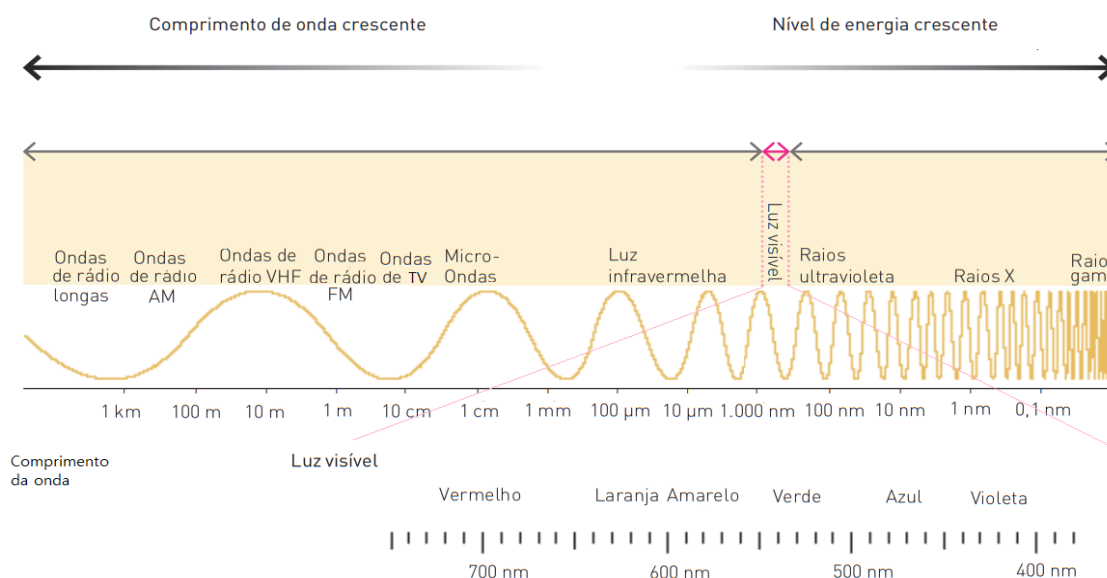
Embora seja difícil de descrever, a cor é um aspecto incalculavelmente crucial do nosso mundo visual. Ela não é apenas difícil de definir, mas também não existe da maneira que comumente acreditamos que ela existe. Simplificando, podemos dizer que respondemos a diferentes comprimentos de onda de luz visível através do fenômeno da cor. Innes (2014) afirma que as famosas experiências de Isaac Newton com a luz do sol e os prismas (repetidos em todos os arco-íris) demonstraram que a luz branca é uma mistura de cores, observada na Figura 2.

Figura 2 - Composições das Cores.

Fonte: OSRAM, 2011.

Ainda, de acordo Innes (2014) o espectro eletromagnético completo é composto por uma variedade de radiações com comprimentos distintos e suas propriedades específicas. Como afirmado anteriormente, a faixa de radiação que percebemos como luz visível cobre os comprimentos de onda que variam aproximadamente entre 380 e 750 nm. Dentro dessa faixa, cada comprimento de onda provoca a sensação de uma cor diferente, com as ondas de luz. Para as ondas da luz vermelha temos o comprimento de 700 nm, as da verde, de 530 nm e as da azul, de 470 nm. Pode-se ver a representação na Figura 3.

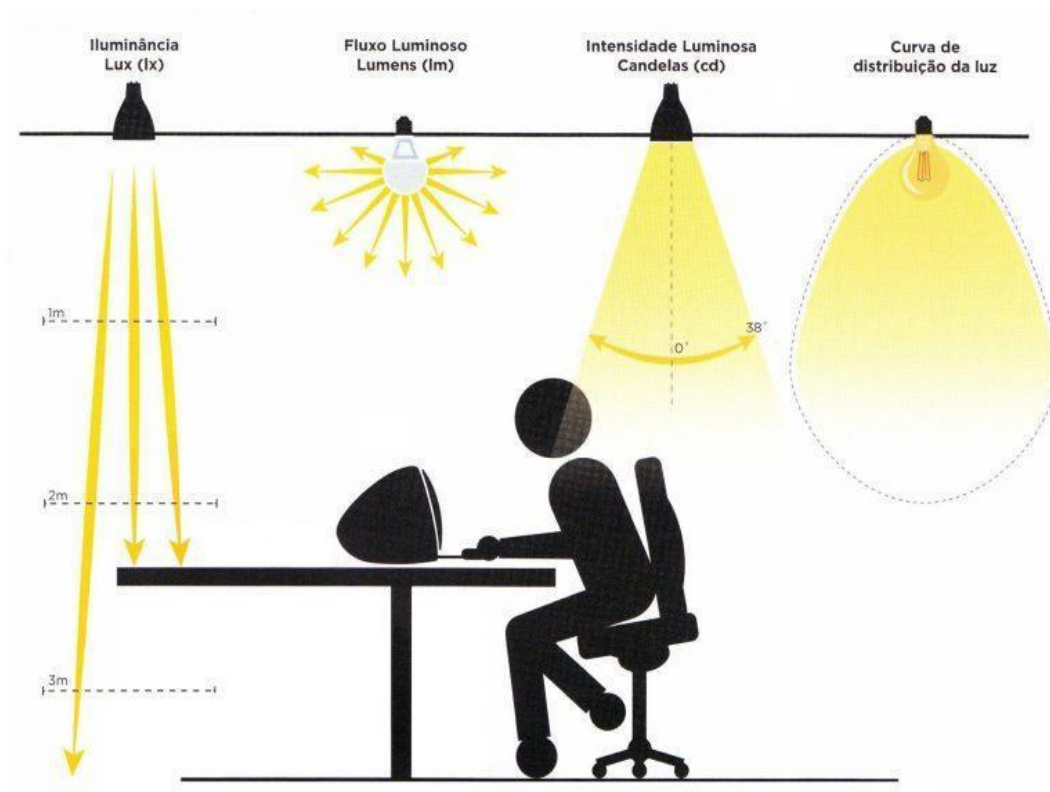
Figura 3 - Espectro da Luz Visível.



Fonte: INNES, 2014.

3.1.3 Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso (Φ) é a quantidade de luz total emitida por uma única fonte luz em uma determinada superfície luminosa. O fluxo luminoso é medido em Lumens (lm) no sistema internacional de unidades (NBR 8995-1, 2013). Pode-se observar na Figura 4.

Figura 4 - Fluxo luminoso.

Fonte: Power Lumer, 2019.

3.1.4 Intensidade Luminosa

A intensidade luminosa é a irradiação de um fluxo luminoso em um ponto específico, essa intensidade é medida em candela (cd). A intensidade luminosa é a razão entre o fluxo luminoso (Φ) e o ângulo sólido (Ω) coberto pela radiação dado em esferorradianos (NBR 8995-1, 2013).

3.1.5 Iluminância

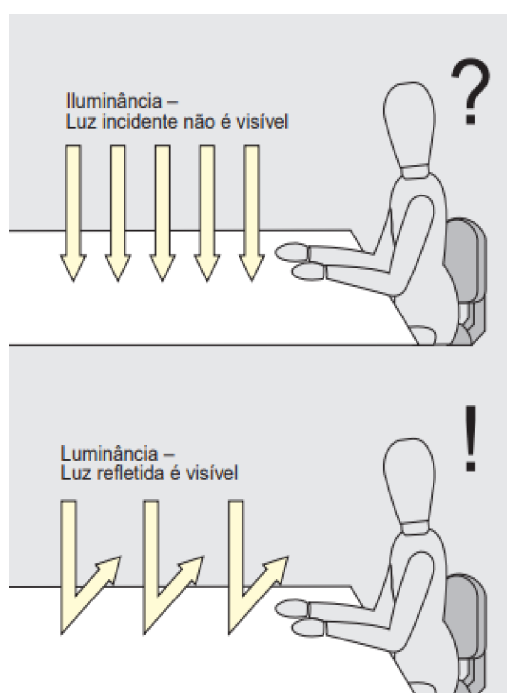
Segundo a (NBR 8995-1, 2013) a iluminância (E) dada em Lux (lx) descreve a luz que incide em uma superfície por uma determinada área, e é definida como a relação entre o fluxo luminoso (Φ) em lumens (lm), que incide perpendicularmente sobre uma superfície plana, pela área dessa superfície em metros quadrados (m^2). Unidade: $lx = lm/m^2$. Pode-se observar na Figura 5.

Figura 5 - Iluminância.

Fonte: LEDVANCE, 2021.

3.1.6 Luminância

A luminância é o “brilho” provocado pela luz que é refletida em uma determinada superfície, ou seja, a sensação que temos ao ver uma superfície iluminada, essa reflexão transmite a sensação de claridade aos olhos devido a energia luminosa (Figura 6). A unidade de medida da luminância é candela por metro quadrado (cd/m^2).

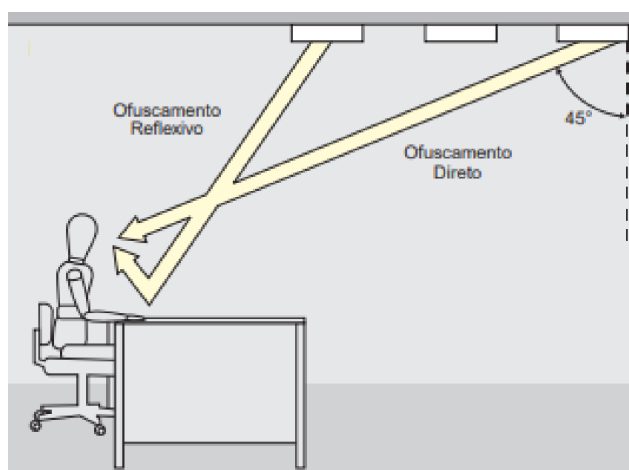
Figura 6 - Luminância.

Fonte: OSRAM, 2011.

3.1.7 Ofuscamento

De acordo com a (NBR 8995-1, 2013) o ofuscamento é uma sensação visual intensa produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado como um ofuscamento desconfortável ou inabilitador. Reflexos em superfícies especulares também podem causar ofuscamento, que é referido como reflexos vendados ou ofuscamento refletido. Para evitar erros, fadiga e acidentes, é fundamental limitar a quantidade de ofuscamento disponível aos usuários. O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação exterior, mas também pode ser utilizado na iluminação interior ou em fontes de luz intensa, como uma janela numa zona pouco iluminada. No interior dos locais de trabalho, a iluminação ou as janelas incômodas são frequentemente fonte de desconforto. Se os limites relacionados ao ofuscamento desconfortável são atendidos, o ofuscamento inabilitador geralmente não é um problema importante.

Figura 7 - Ofuscamento.



Fonte: OSRAM, 2011.

3.1.8 Temperatura de Cor

A temperatura de cor de uma fonte luminosa é a grandeza que define a cor aparente da luz que essa fonte luminosa transmite, podendo ser quente, intermediária e fria (representado na tabela 1). A unidade de medida da temperatura da cor é dada em Kelvin. De acordo com a (NBR 8995-1, 2013) A escolha da temperatura depende da iluminância, cores do recinto e mobiliário, clima e aplicação. Em climas quentes geralmente é preferencial a aparência da cor de uma luz mais fria, e em climas frios é preferencial a aparência da cor de uma luz mais quente.

Tabela 1 - Temperatura de Cor.

Aparência da cor	Temperatura de Cor Correlata
Quente	Abaixo de 3.300 K
Intermediária	3.300 K a 5.300 K
Fria	Acima de 5.300 K

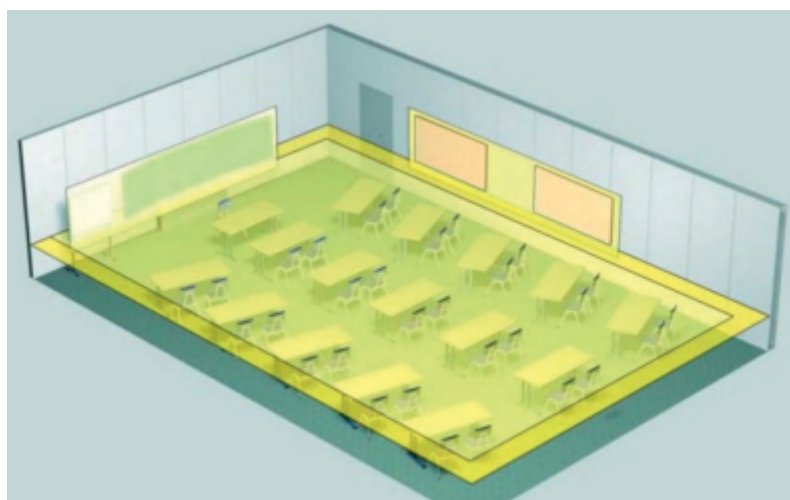
Fonte: NBR 8995-1, 2013, adaptado pelo autor (2022).

3.1.9 Plano de Trabalho e Área de Tarefa

O plano de trabalho é a superfície de referência definida como o local onde o trabalho é habitualmente realizado. Dessa forma, a área de tarefa é a área parcial em um local de trabalho, é aquele no qual a tarefa visual está localizada e é realizada. (NBR 8995-1, 2013).

3.1.10 Entorno Imediato

O entorno imediato é definido como a área ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão. Recomenda-se que esta imediação seja de pelo menos 0,5 m de largura, e pode ser considerada como uma faixa ao redor da área da tarefa (NBR 8995-1, 2013). É possível observar a representação na Figura 8.

Figura 8 - Entorno Imediato.

Fonte: NBR 8995-1, 2013.

3.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A iluminação artificial são fontes de luz produzidas principalmente pela utilização da energia elétrica, dessa maneira, nesse sistema não há utilização de luz natural. Para instalar uma iluminação artificial de qualidade é preciso seguir algumas técnicas e normas regulamentadoras. Segundo Rodrigues (2002) a eficiência de um sistema artificial de iluminação está diretamente ligada às características técnicas, eficiência e rendimento do sistema.

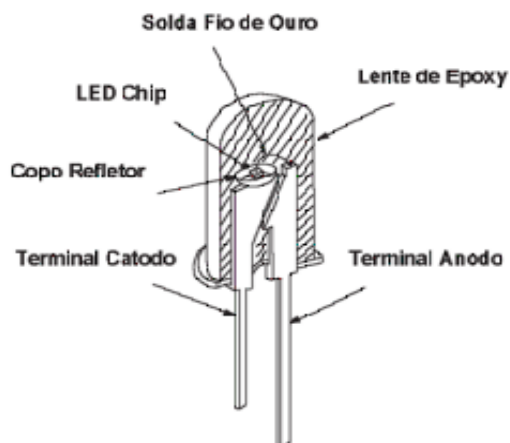
A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação. A luz artificial permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade às suas atividades ou se divertir, indo a bares, shopping centers ou mesmo lendo um livro. É importante, no entanto, salientar que não é tão simples empregar a luz artificial de forma eficiente. Vale lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para a edificação, dessa forma, conceitos importantes como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento, devem ser levados em consideração (RODRIGUES, 2002, p.10).

Para caracterizar os elementos técnicos de eficiência e de rendimento precisamos levar em consideração alguns equipamentos de utilização da iluminação artificial, esses equipamentos serão explanados a seguir.

3.2.1 Lâmpada de LED

Os LEDs tiveram início em meados do século XX, as pesquisas sobre esses dispositivos foi reforçada pelo desenvolvimento da microeletrônica, assim, os primeiros Diodos Emissores de Luz (Light Emitting Diodes - LED) com emissão de cor na faixa vermelha foram desenvolvidos no início da década de 1960 onde os mesmos eram utilizados para a indicação de estado dos aparelhos na época, desde então, houve vários avanços e pesquisas nas áreas dos LEDs. Hoje em dia, existem LEDs de várias cores, e a sua utilização é de grande variedade. Uma das atribuições de grande valor do LED é nas lâmpadas para iluminação residencial e profissional.

De acordo com Scopacasa (2008) o LED é um dispositivo semicondutor que funciona com a mesma tecnologia de um chip de computador, ele é um componente bipolar tendo os terminais do tipo anodo e catodo, e assim, dependendo da forma que é polarizado a corrente elétrica pode ou não passar pelo sistema. O fator mais relevante do LED é o chip semicondutor que produz a luz, esse chip é extremamente pequeno e é conectado a outros componentes que fazem parte do LED. Na Figura 9 pode-se ver os componentes e estrutura de um diodo emissor de luz.

Figura 9 - Componentes do LED.

Fonte: Scopacasa, 2008.

As lâmpadas de LED foram revolucionárias para o mercado de iluminação artificial, isso porque esse tipo de iluminação traz grandes vantagens para o consumidores, dentre essas vantagens destacam-se o preço acessível, alto rendimento e durabilidade. A vida útil de uma lâmpada de LED varia entre 20.000 a 50.000 mil horas, ou seja, cerca de 5 anos de uso ininterrupto. Pesquisas realizadas sobre o assunto comprovam que a lâmpada de LED pode economizar até 80% da conta de luz em comparação às outras lâmpadas convencionais como incandescentes e fluorescentes, além de possuir um fluxo luminoso maior, elas também não emitem radiação infravermelha e ultravioleta. Existem vários modelos de lâmpadas de LED e sua aplicação varia de acordo com o ambiente de instalação, a Figura 10 mostra alguns desses modelos de lâmpadas.

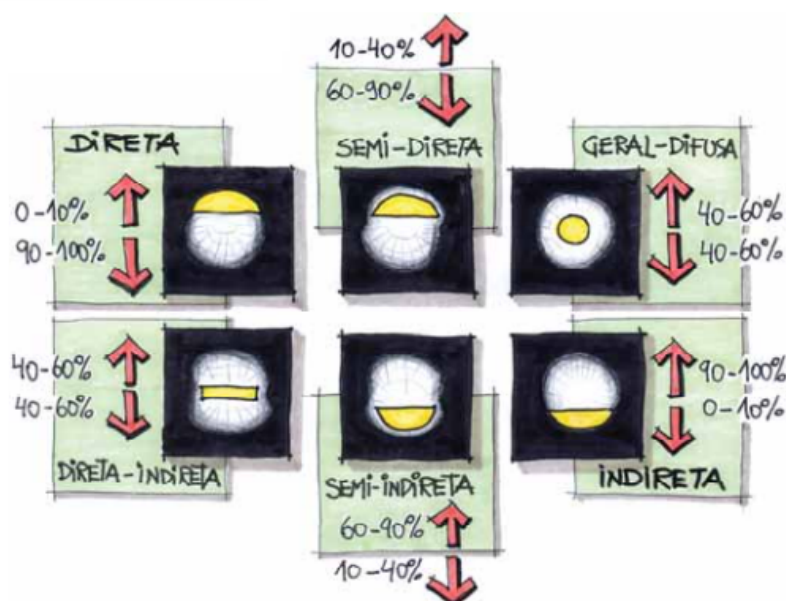
Figura 10 - Modelos de lâmpadas LED.

Fonte: OSRAM, 2021.

3.2.2 Luminárias

A luminária segundo Innes (2014) é um equipamento completo que inclui a fonte de luz (a lâmpada ou bulbo), o soquete (ou porta-lâmpada), do refletor, as lentes, o suporte, a suspensão e os acessórios de instalação (como a fiação e os parafusos etc.), onde as suas principais funções são, abrigar a lâmpada buscando proteção e direcionalidade da luz e do fluxo luminoso. A escolha de uma luminária depende de vários fatores, alguns desses fatores são: a finalidade da instalação (domiciliar, comercial, industrial, área interna ou externa etc.), fatores decorativos, fatores de manutenção e fatores econômicos. Existem luminárias de vários modelos, vários tamanhos, com especificações determinadas e com materiais diferentes, dessa forma, como afirmado, a sua escolha será de acordo com o local de instalação. Na Figura 11 é representado o tipo de luminária para iluminação geral de acordo com o fluxo luminoso.

Figura 11 - Luminárias de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso.



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela Relação do fluxo luminoso da luminária e o fluxo luminoso da lâmpada (ou lâmpadas) instaladas na luminária. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) essa eficiência é conhecida como fração de emissão de luz, e de acordo com o material envolvido, a luminária pode controlar, distribuir ou inibir o fluxo luminoso das lâmpadas, além de poder desviar para certas direções o fluxo luminoso (defletores) e reduzir o fluxo para evitar ofuscamento (difusores). Já a eficiência luminosa de uma luminária é

a relação dos lumens emitidos pela lâmpada para cada watt consumido em lm/w.

As principais luminárias de teto convencionais utilizadas no meio profissional e casual são as luminárias de sobrepor e embutidas (Figura 12). As Luminárias de sobrepor são fixas no teto (forro ou laje), sendo totalmente expostas, dessa forma o equipamento fica todo aparente. Alguns dos modelos são as luminárias spots, pendentes, plafons, linear tubular, dentre outras. Já a luminária embutida, diferente das de sobrepor, ficam encaixadas dentro do forro, dessa forma, a luminária só pode ser instalada em locais onde a peça será totalmente escondida.

Figura 12 - Luminárias de sobrepor e Embutidas.

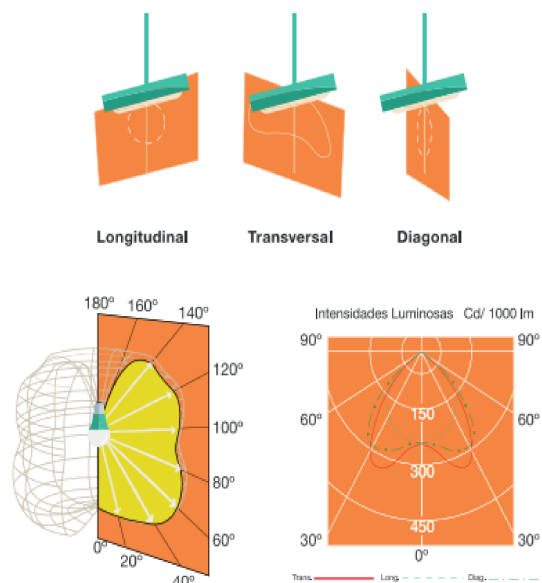


Fonte: INTRAL, 2021.

3.2.3 Curva de Distribuição Luminosa

A Curva de Distribuição Luminosa (CDL) é a representação da distribuição da intensidade luminosa em diferentes direções. O CDL é representado por um diagrama polar (Figura 13) onde a luminária é representada como um ponto no centro do diagrama, no qual as intensidades luminosas, em função do ângulo formado com a vertical, são medidas e registradas. Como o fluxo inicial das lâmpadas depende do tipo escolhido, as curvas de distribuição luminosa são feitas, normalmente, para 1 000 lumens. Nesse caso, é necessário multiplicar o valor encontrado na CDL pelo Fluxo Luminoso das lâmpadas em questão e dividir o resultado por 1000 (LEDVANCE, 2021).

Figura 13 - Curva de distribuição de Intensidades Luminosas.



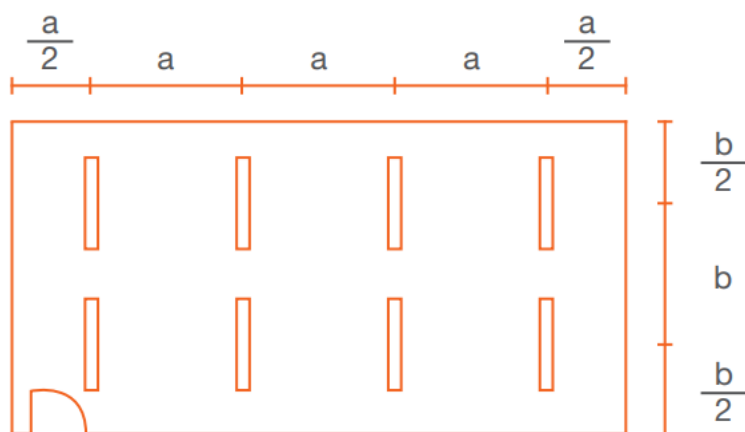
Fonte: LEDVANCE, 2021.

3.2.4 Ângulo de Abertura

O ângulo de abertura da luz indica quanto os feixes de luz se abrem em relação à fonte luminosa, quanto maior for o ângulo de abertura, menor será o foco de concentração de luz no ambiente, tornando-se uma iluminação menos direcional e mais abrangente, já quanto menor for o ângulo de abertura, maior será o foco com menor abrangência, dessa forma, maior será a direção e concentração da luz. Geralmente o ângulo de abertura é informado no catálogo dos fabricantes das lâmpadas.

3.2.5 Definição Dos Pontos de Iluminação

De acordo com o manual OSRAM (2020), os pontos de iluminação devem preferencialmente ser distribuídos uniformemente no recinto, ou seja, as distâncias das luminárias até as paredes, deve ser igual à metade da distância do centro geométrico entre elas de acordo com o local de instalação, sempre respeitando o direcionamento da luz para a área de trabalho e o próprio tamanho da luminária. É possível ver a representação na Figura 14.

Figura 14 - Distribuição das luminárias.

Fonte: LEDVANCE, 2021.

3.2.6 Luxímetro

O luxímetro é um aparelho que sua principal função é medir a intensidade luminosa que entra em contato com o seu sensor, dessa forma, o luxímetro faz uma medição da intensidade luminosa por área e fornece o valor de lumens por metro quadrado, assim, o seu uso é de grande importância para estudos e cálculos luminotécnicos.

Este aparelho consiste em seu sensor um semicondutor fotocélula sensível à luz integrado a um medidor de miliamperes. Quando a luz incide sobre uma fotocélula, forma-se uma corrente elétrica no semicondutor, que é amplificada e medida em um amperímetro, utilizando-se uma escala apropriada para medir o nível de iluminância, que é proporcional à radiação luminosa incidente naquele local.

Dessa forma, o luxímetro digital utilizado no estudo é o LED Digital HLX-912 da marca HIKARI, onde seu sensor não é apenas restrito a medições de iluminâncias de caráter natural ou fluorescentes, mas também, sua tecnologia tem a habilidade coletar iluminâncias vindas de luminárias de LED, deixando o estudo com mais precisão. pode-se observar a representação do luxímetro na figura 15.

Figura 15 - Luxímetro LED HIKARI HLX - 912.



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.2.7 Cálculo das Malhas

A NBR 8995-1/2013 em seu Anexo B, nos traz a malha de cálculo para projeto do sistema de iluminação, esse cálculo é necessário para determinar as iluminâncias e uniformidades médias, dependendo do tamanho e da forma da superfície de referência, da geometria do sistema de iluminação, da distribuição da intensidade luminosa das luminárias utilizadas, da precisão requerida e das quantidades fotométricas a serem avaliadas (NBR 8995-1, 2013).

O tamanho da malha é dado pela equação 1 a seguir:

Equação 1

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10} d}$$

Onde:

p - é o tamanho da malha, expresso em metros (m);

d - é a maior dimensão da superfície de referência, expressa em metros (m);

n° Pontos - é o número de pontos de cálculo considerando a malha p , ou seja d/p .

3.2.8 Uniformidade da Iluminação Artificial

De acordo com a NBR 8995-1, a uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio coletado, para que se tenha uma uniformidade com mais qualidade a área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível, dessa forma, segundo a NBR a uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7. A uniformidade pode ser calculada pela equação 2.

Equação 2

$$u = \frac{E_{min.}}{E_{med.}}$$

Onde:

u - é a uniformidade da iluminância calculada;

$E_{min.}$ - é o valor mínimo de iluminância coletado;

$E_{med.}$ - é o valor médio da iluminância coletada.

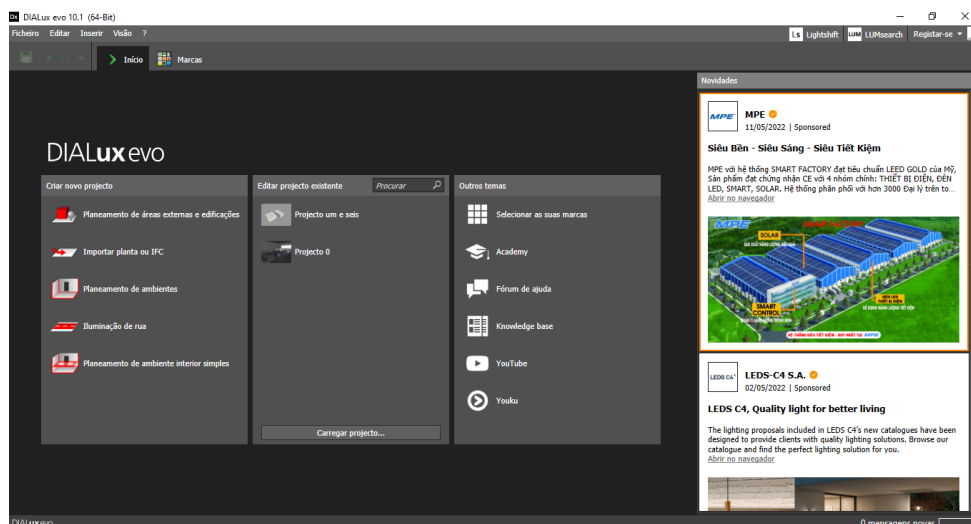
3.2.9 Índice de Ofuscamento Unificado (UGR)

Segundo a NBR 8995-1, o índice de ofuscamento unificado da CIE (UGR), é o valor que determina o ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação. A NBR especifica a limitação de ofuscamento aplicável para vários ambientes, no caso das salas de aulas o índice limite de ofuscamento unificado (UGRL) é de ≤ 19 . A escala UGR é: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28, e o 13 representa o ofuscamento desconfortável menos perceptível.

3.2.10 Software DIALux

O software DIALux é uma ferramenta paramétrica de modelagem e cálculo luminotécnico que visa obter resultados técnicos mensuráveis da luz, permitindo a criação de diferentes ambientes, calcular e visualizar dados e resultados através de uma interface gráfica intuitiva e de fácil acesso. O software pode ser baixado de forma gratuita e nele pode ser inserido e criado diferentes tipos de ambientes e luminárias para o estudo.

Figura 16 - Interface Software DIALux.



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.3 LUZ NATURAL

A principal fonte de luz natural que temos é o sol, a luz solar é a maior fonte de energia e é extremamente fundamental para a nossa sobrevivência no planeta Terra. segundo Innes (2014) a luz solar incide sobre a Terra de diversas maneiras: diretamente, sendo refletida e difundida pelas nuvens, dispersa na estratosfera ou refletida pelos objetos que se encontram na superfície do planeta. Outras formas de luz natural que temos são os relâmpagos, vulcões, fogo, a bioluminescência da biologia, vagalumes etc.

O aproveitamento da luz natural é de extrema importância como forma de geração de energia elétrica, na agricultura ou até mesmo no aproveitamento para a iluminação em projetos arquitetônicos residenciais ou profissionais no período diurno, com esse aproveitamento, pode-se economizar energia elétrica ou proporcionar naturalmente um ambiente mais aconchegante e acolhedor, além de oferecer uma forma de consumo consciente e sustentável.

3.4 LEGISLAÇÃO E NORMA

As normas regulamentadoras são de grande importância para garantir uma iluminação de qualidade para todos, buscando sempre uma boa visualização do ambiente e proporcionando conforto para os usuários, além de fornecer um ambiente digno de se realizar tarefas visuais com segurança evitando desconfortos ou fadiga.

A iluminação do ambiente pode ser consideradas artificial, natural ou a junção de

ambas, dessa forma, dependendo da forma que esses fluxos luminosos estão sendo fornecido, pode-se ter uma qualidade ou desconforto na visibilidade do ambiente, as normas que regem irão fornecer a melhor forma de instalação e proporção das iluminações nos ambientes. No quesito iluminação de qualidade, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a responsável por elaborar as Normas Brasileiras de Recomendações (NBR) a fim de expor a melhor maneira de proporcionar a iluminação ideal e eficiente para quaisquer ambientes ou recintos.

3.4.1 Norma Brasileira - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

A norma (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013) é a responsável pela a iluminação em ambientes de trabalho no seu interior, esta norma foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Aplicações Luminotécnicas e Medições Fotométricas (CE-03:034.04). Além de ser responsável por cancelar e substituir as normas ABNT NBR 5413:1992 e a ABNT NBR 5382:1985.

Esta Norma mostra os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os métodos para o desempenho de tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. A NBR faz uso de alguns termos importantes para projeto de iluminação como: tarefa visual, área de tarefa, entorno imediato, iluminância mantida, índice de ofuscamento unificado (UGR) e seu índice limite (UGRL), ângulo de corte e plano de trabalho.

A NBR 8995-1 também fornece alguns Critérios do projeto de iluminação. Para adquirir um ambiente luminoso e uma boa iluminação do ambiente de trabalho é necessário alguns parâmetros de iluminação, dentre eles destacam-se: a distribuição da luminância, e iluminância, o ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural e manutenção.

É fornecido também os requisitos para o planejamento da iluminação, esse planejamento é entregue em forma de uma tabela (ANEXO I) onde é especificado os parâmetros ideais de iluminação recomendados para diversos ambientes e atividades. A tabela é dividida em 5 partes onde a primeira trata dos ambientes especificados para os requisitos de tarefas ou atividades, a segunda trata Iluminância mantida (E_m , lux), a terceira o índice limite de ofuscamento unificado (UGRL), a quarta é o índice de reprodução de cor mínimo (R_a) e a quinta são algumas observações.

Segundo a NBR 8995-1 (2013) Os valores dados na tabela das iluminâncias mantidas são sobre a área da tarefa no plano de referência que pode ser horizontal, vertical ou inclinado. A iluminância média para cada tarefa não pode estar abaixo dos valores dados na tabela,

independentemente da idade e condições da instalação. Esses valores levam em consideração os requisitos para a tarefa visual, segurança, aspectos psicofisiológicos assim como conforto visual e bem-estar, a economia e a experiência prática. A escala recomendada das iluminâncias é: 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000 lux.

Para o ofuscamento segundo a norma o valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do Índice de Ofuscamento Unificado da CIE (UGR). Assim, os valores do UGR da tabela são baseados na posição padrão do observador que foi validada pelo método tabular UGR com razão de 1:1 da relação entre espaçamento e altura. A escala UGR é: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28, onde cada passo na escala representa uma mudança no ofuscamento e 13 representa o ofuscamento desconfortável menos perceptível.

A reprodução de cor mínima (R_a) é de grande importância para o desempenho visual e para a sensação de conforto e bem-estar que as cores do ambiente fornecem. O valor máximo de R_a é 100. Este valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor. Não é recomendado a utilização de lâmpadas com (R_a) inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos. Os valores mínimos recomendados do índice geral de reprodução de cor de diferentes tipos de ambientes internos, tarefas ou atividades estão estabelecidos na tabela dos parâmetros ideais de iluminação (NBR 8995-1, 2013).

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização do Objeto de Estudo

A Escola Estadual Francisco de Oliveira Cabral (EEFOC) está localizada no município de Lajes, região central do estado do Rio Grande do Norte (RN), Brasil. Segundo o IBGE, a cidade tem uma população estimada de 11.410 pessoas, no ano de 2021. A escola EEFOC fica situada na Rua Juca Barros, centro de Lajes, atendendo os turnos matutino, vespertino e noturno. No turno matutino é oferecido ensino fundamental 1 (1º Ano ao 5º Ano), no vespertino é o fundamental 2 (6º Ano ao 9º Ano), já no período noturno é oferecido a Educação de Jovens e Adultos (EJA) que contempla toda a população da região urbana e zona rural do município. Pode-se ver na Figura 17 a entrada da escola.

Figura 17 - Entrada da Escola EEFOC.



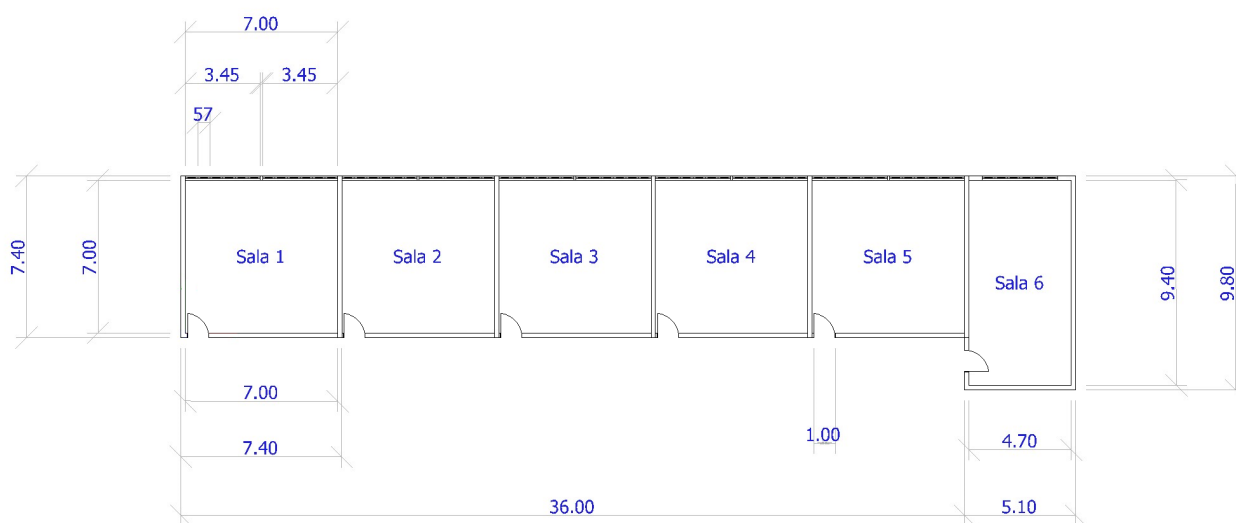
Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor, (2022).

Verificando as imagens adquiridas por meio de satélite no *Google maps*, observa-se que o prédio da escola está localizado a -5.70° Latitude, -36.249° Longitude. A escola EEFOC tem em média uma área de 2.500 m^2 (representado pela cor vermelha na figura 18) e é dividida em dois blocos principais, o bloco administrativo (representado pela cor verde na figura 18) e o bloco de salas de aula (representado pela cor azul). O bloco administrativo é composto por sala dos professores, diretoria, banheiros, cozinha, espaço de alimentação, entre outros. Já o bloco de salas de aulas é composto por seis salas de aulas, com a capacidade média de 25 alunos por sala. A escola também tem uma quadra para a prática de esportes (representado pela cor amarela na figura 18).

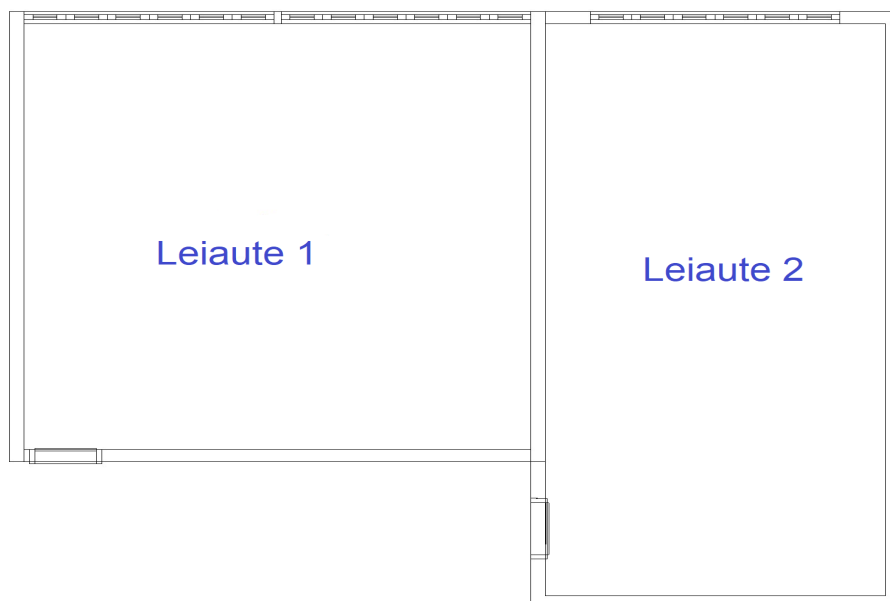
Figura 18 - Representação de satélite da escola EEFOC.

Fonte : Google Maps adaptado pelo autor (2022).

O bloco de salas de aula como mencionado, tem um corredor amplo com seis salas de aula, sendo cinco salas idênticas e apenas uma diferente das demais. Para facilitar a visualização, buscou-se documentos relacionados à planta arquitetônica da escola, mas de acordo com a direção da escola não existia nem um tipo de documentação relacionado ao assunto. Dessa forma, com a ajuda de uma trena milimetrada e o software AutoCAD foram criados a planta baixa do bloco de salas de aula e posteriormente dois leiautes das salas onde foi realizado o estudo luminotécnico. Pode-se observar as representações nas figuras 19 e 20.

Figura 19 - Planta do bloco de aulas.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 20 - Leiautes das salas de aula.

Fonte: Autoria própria, 2022.

O leiaute 1 é representado pela sala 1, dessa forma, a sala está localizada no centro do corredor do bloco e tem uma área de 49 m², o fundo da sala é comportado por doze janelas de madeiras, de modo que abre para fora, mas de lado, semelhante as janelas pivotantes. Pode-se observar a representação na figura a seguir.

Figura 21 - Sala 1.

Fonte: Autoria própria, 2022.

O leiaute 2 representado pela sala 6, fica localizado no final do bloco de aulas, a sala tem 44,18 m² e tem seis janelas localizadas no fundo, semelhantes às janelas da sala anterior. Pode-se observar a sua representação na figura 22.

Figura 22 - Sala 6.



Fonte: Autoria própria, 2022.

4.2 Dimensões das Salas

Pode-se ver na tabela 2 a representação das dimensões das salas obtidos com o auxílio de uma trena milimetrada, todas as medições são de importância para o estudo luminotécnico.

Tabela 2 - Dimensões das Salas.

Leiautes	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m)	Altura do piso até a luminária (m)	Altura do plano de trabalho até a luminária (m)
Sala 1	7 m	7 m	49 m ²	3 m	2,25 m
Sala 2	4,7 m	9,4 m	44,18 m ²	3 m	2,25 m

Fonte: Autoria Própria, 2022.

4.3 Controle da Iluminação

O controle da iluminação de todas as salas do bloco estão ligadas por um quadro de distribuição, onde nele está composto vários disjuntores que liga o circuito de iluminação das salas e ar condicionado, dessa forma, as salas não possuem interruptores individuais e as lâmpadas são acionadas apenas pelos disjuntores do quadro de distribuição. Vale ressaltar que o circuito de quatro das seis salas estão integrados, ou seja, se for ligado o circuito de iluminação de uma das salas, outras três salas também serão ligadas ao mesmo tempo, mesmo que não estejam em funcionamento. Pode-se observar a representação do quadro de distribuição na figura 23.

Figura 23 - Quadro de distribuição da iluminação e ar condicionados.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

4.4 Lâmpadas

As lâmpadas que fazem parte da iluminação artificial das salas são da marca ALPER ALP-LT8-18W-V-145-018LM-865, sendo todas de LED com a potência de 18 Watts, o fluxo luminoso de 1850 lm, a eficiência luminosa de 102,8 lm/w e temperatura de cor de 6500K. Cada sala tem oito lâmpadas ALPER modelo LED tubular T8. A ficha técnica das lampas estão compostas no Anexo II. Na tabela 3 pode-se observar a quantidade de lâmpadas por luminárias composto nas salas.

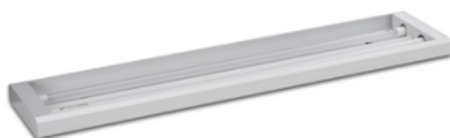
Tabela 3 - Lâmpadas e Luminárias por sala.

Leiautes	Lâmpadas por sala (18 w)	Lâmpadas por luminária	Quantidade de luminárias por sala
Sala 1	8	2	4
Sala 2	8	2	4

Fonte: Autoria Própria, 2022.

4.5 Luminárias

As luminárias compostas nas salas de aula tem o modelo de instalação sobrepor. Não foi possível encontrar os fabricantes das luminárias, mas ao decorrer da pesquisa encontrou-se um modelo com todas as especificações similares, sendo ele INTRAL LUMINÁRIA OS - 122 TUBO LED representado na figura 24.

Figura 24 - Luminaria OS - 122 tubo LED Intral.

Fonte: Intral, 2022.

As lâmpadas em conjunto com a luminária trás uma potência de 36 Watts, sendo duas lâmpadas por luminária, segundo o catálogo a luminária tem um rendimento de 88%, É possível ver a representação na tabela 4. Todas as características da luminária estão presentes no anexo III.

Tabela 4 - Características da Luminária.

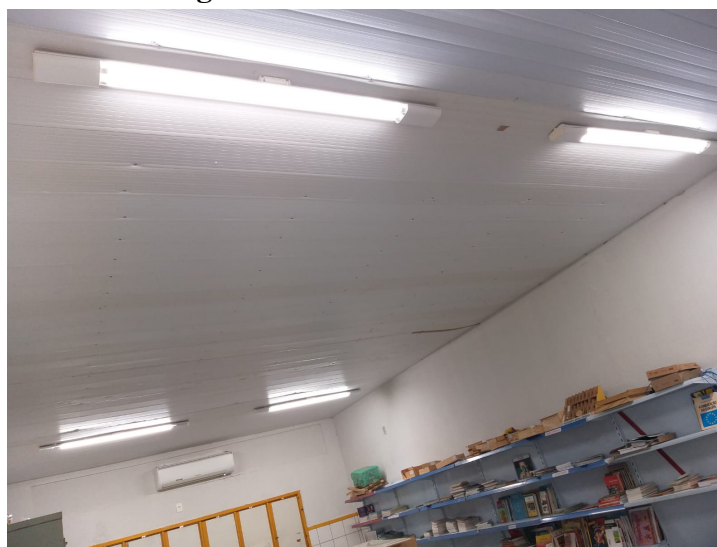
Código	Modelo	Lâmp. tubo LED indicada (w)	Fluxo luminoso Lâmp.	Característica da cor	Lâmp. Fluorescente equivalente (w)	Rendimento
09299	OS 122 2X1200 mm	2x18 - 20 w	2x1850 lm (3700lm)	Branco Frio	2x40	88%

Fonte: Intral, 2022 (modificado pelo autor).

Pode-se observar as respectivas luminárias instaladas nas salas de aulas nas figuras 25 e 26.

Figura 25 - Luminárias sala 1.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 25 - Luminárias sala 6.

Fonte: Autoria própria, 2022.

5. ESTUDO LUMINOTÉCNICO

5.2 Números de Pontos de Malhas

O número de pontos n é estabelecido pelo número inteiro mais próximo da relação d/p . Dessa forma, de acordo com item 3.2.7, foi encontrado o número de pontos de malhas para as salas 1 e 6, apresentados na tabela a seguir.

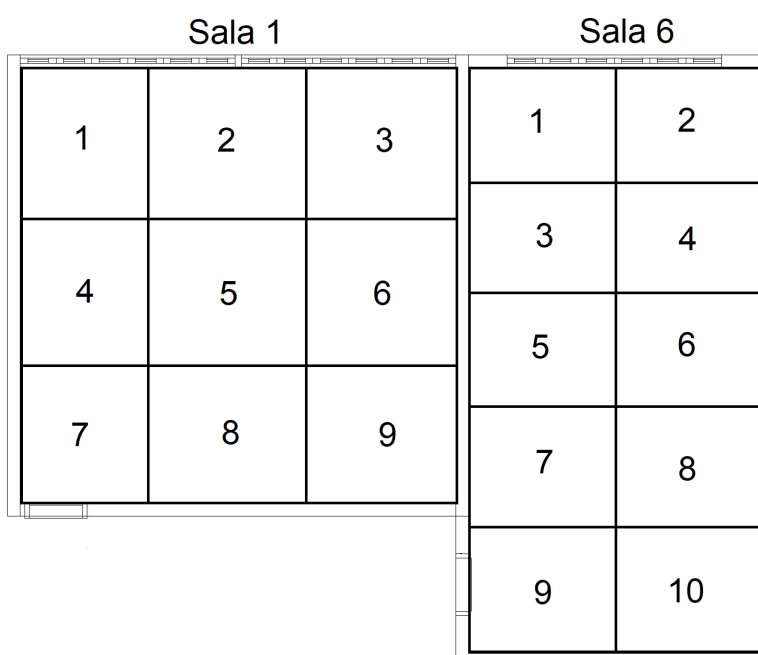
Tabela 5 - Número de pontos de malha por sala.

Leiautes	d (m)	p (m)	d/p	Pontos de malha
SALA 1	7.00	$\log (7)$ $p = 0,2 \times 5 \cdot 10 = 0,779$	8,99	9
SALA 6	9.40	$\log (9,4)$ $p = 0,2 \times 5 \cdot 10 = 0,958$	9,8	10

Fonte: autoria própria, 2022.

Diante disso, a figura 27 representa os pontos de malha por sala de aula que deverão ser coletados as iluminâncias.

Figura 27 - Pontos de malha por sala de aula.



Fonte: Autoria própria, 2022.

5.3 Coleta das Iluminâncias

As iluminâncias foram coletadas nos dias 18, 19 e 20 de maio de 2022, nos três períodos (manhã, tarde e noite). Pela manhã a coleta foi realizada às 9:00 horas, pela tarde às 15:00 horas e à noite às 18:00 horas, sendo coletado as iluminâncias artificiais do recinto. Para a coleta de dados as salas permaneceram com as janelas e portas fechadas e com todas as luminárias ligadas. As iluminâncias naturais também foram coletadas nos períodos da manhã às 9 horas e tarde às 15 horas, com a porta e todas as janelas abertas para uma melhor entrada de iluminação.

O luxímetro HIKARI utilizado foi exposto 5 minutos ao ambiente para uma melhor estabilização das fotocélulas antes da coleta dos dados. Dessa forma, na tabela 6 e 7 está representado os valores de iluminâncias coletadas.

Tabela 6 - Medição das iluminâncias (lux) das fontes artificiais.

Leiaute	Malhas	Períodos		
		Manhã	Trade	Noite
		LUX	LUX	LUX
Sala 1	1	236	232	251
	2	240	236	216
	3	270	253	242
	4	180	183	178
	5	197	199	215
	6	216	209	221
	7	161	155	169
	8	166	186	200
	9	204	216	250
Leiaute	Malhas	Períodos		
		Manhã	Trade	Noite
		LUX	LUX	LUX
Sala 6	1	301	290	319
	2	320	299	329
	3	255	265	251
	4	241	291	265
	5	212	185	199
	6	193	199	187
	7	318	280	302
	8	287	260	285
	9	250	260	252
	10	290	310	301

Fonte: Autoria própria, 2022.

Tabela 7 - Medição das iluminâncias (lux) da fonte natural.

Leiaute	Malhas	Períodos	
		Manhã	Trade
		LUX	LUX
Sala 1	1	1185	864
	2	1147	834
	3	1225	1080
	4	477	486
	5	460	426
	6	500	370
	7	400	682
	8	274	372
	9	216	254
Leiaute	Malhas	Períodos	
		Manhã	Trade
		LUX	LUX
Sala 6	1	1360	624
	2	1497	645
	3	340	245
	4	330	294
	5	180	154
	6	201	160
	7	260	186
	8	205	154
	9	969	390
	10	280	250

Fonte: Autoria própria, 2022.

Vale ressaltar que alguns fatores prejudicaram a coleta dos dados, como, armários e móveis presentes nas salas, diferença da textura das paredes e janelas, além de luzes queimadas

e com mau funcionamento.

5.4 Uniformidade da Iluminação Artificial

De acordo com o item 3.2.8, foi realizado o cálculo da uniformidade da iluminação artificial, dessa forma, com o cálculo feito, pode-se observar a uniformidade das iluminâncias nas salas de aula, representado pela tabela 8.

Tabela 8 - Uniformidade da iluminância Artificial.

Leiautes	Emin.		Emed.		u
Sala 1	Manhã	161	Manhã	208	0,77
	Tarde	155	Tarde	208	0,75
	Noite	169	Noite	216	0,78
Sala 6	Manhã	193	Manhã	268	0,72
	Tarde	185	Tarde	264	0,70
	Noite	187	Noite	279	0,68

Fonte: Autoria própria, 2022.

5.5 Método dos Lumens

Para obter um estudo luminotécnico mais aprofundado nas salas de aulas, foi realizado o método dos lumens. Segundo (creder, 2007) o método dos lumens consiste na determinação do fluxo luminoso total (Φ), e posteriormente, pode-se determinar o número de luminárias de um determinado local em função do nível de iluminância que se deseja ter no ambiente. A quantidade de luminárias desse método pode ser obtido a partir das seguintes equação:

$$\text{Equação 3} \quad \Phi = \frac{S \times Em}{U \times d} \quad \text{e} \quad \text{Equação 4} \quad n = \frac{\Phi}{\varphi}$$

Onde:

Φ - fluxo luminoso total, em lumens;

Em - nível de iluminância mantida, em luxes;

S - área do recinto, em metros quadrados;

U - fator de utilização ou coeficiente de utilização;

d - fator de depreciação ou de manutenção;

n - número de luminárias;

φ - fluxo por luminárias, em lumens.

O nível de iluminância mantida em luxes, pode ser obtido através dos requisitos para o planejamento da iluminação da NBR 8995-1/2013 onde a norma afirma que a iluminância mantida mínima para salas de aula é de ($Em = 500$ lux). Já a área dos recintos para o cálculo está representada na tabela 2.

O coeficiente de utilização é o coeficiente relaciona o fluxo luminoso inicial emitido pela luminária (fluxo total) e o fluxo recebido no plano de trabalho (fluxo útil), por isso, o coeficiente depende das dimensões do local, da cor do teto, das paredes e do acabamento das luminárias (Creder, 2007). Para obter este coeficiente, pode-se verificar o catálogo da luminária ou através da equação 5.

Equação 5

$$U = K \times N$$

Onde:

U - Coeficiente de utilização;

K - Índice do local;

N - eficiência da luminária.

O índice local pode ser obtido através da seguinte equação:

Equação 6

$$K = \frac{c \times l}{hm (c + l)}$$

Onde:

c - Comprimento do local;

l - Largura do local;

hm - Altura de montagem da luminária para o plano de trabalho.

Dessa forma, os valores do índice local está representado na tabela a seguir:

Tabela 9 - Índice local.

Leiautes	Índice K
Sala 1	1,5
Sala 6	1,4

Fonte: Autoria própria, 2022.

A eficiência da luminária (N) pode ser obtido pelo catálogo exposto no anexo III, onde é informado que a luminária tem uma eficiência de 88%. Assim, com todos os parâmetros é possível obter (com a equação 5) o coeficiente de utilização de acordo com cada especificação de cada leiaute, representado pela tabela 10.

Tabela 10 - Coeficiente de utilização U.

Leiautes	U
Sala 1	1,32
Sala 6	1,23

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Após encontrar o coeficiente de utilização, é preciso encontrar o fator de depreciação. De acordo com Creder (2007), O fator de depreciação, relaciona o fluxo emitido no fim do período de manutenção da luminária e o fluxo luminoso inicial da mesma, e pode ser obtido pela equação 7.

Equação 7

$$MF = FMFL \times FSL \times FMSS \times FML$$

Onde:

$FMFL$ - Considera a depreciação do fluxo luminoso da fonte luminosa;

FSL - Considera o efeito de falha por envelhecimento da lâmpada;

FMSS - Considera a redução da reflectância devido à deposição de sujeira nas superfícies do recinto;

FML - Considera os efeitos de redução do fluxo luminoso devido ao acúmulo de sujeira nas luminárias.

Na NBR 8995-1/2013 é fornecido uma tabela dos fatores de depreciação indicados para lâmpadas fluorescentes. Para lâmpadas de LED, o catálogo da LUMILUZ iluminação indica os fatores de depreciação (d) para as fontes luminosas de LED como: Limpo: 0,80 - Médio: 0,70 - Sujo: 0,60. De acordo com o observado na nas salas e nas luminárias contidas, foi adotado o fator de depreciação de $d = 0,70$.

O fluxo por luminária em lumens (ϕ) é obtido pela soma do fluxo luminoso nominal de duas lâmpadas, ou seja: $2 \times 1850 \text{ lm} = 3.700 \text{ lm}$, representado no catálogo das lâmpadas.

Diante dos valores das iluminâncias mantidas, áreas dos recintos, coeficiente de utilização, fatores de depreciação, e fluxo por luminárias obtidos, pode-se realizar o método dos lumens e encontrar os valores dos fluxos luminosos total e o número de luminárias. Os valores encontrados pelo método dos lumens (utilizando as equações 3 e 4) estão representados na tabela 11.

Tabela 11 - Fluxo total por ambiente e número de luminárias.

Leiautes	S - Área	Em (lux)	U	d	Φ (lm)	ϕ (lm)	n° Luminárias	n° Luminárias Proposta
Sala 1	49 m ²	500	1,32	0,70	26.515	3.700	7,2	8
Sala 6	44,18 m ²	500	1,23	0,70	25.615	3.700	6,9	8

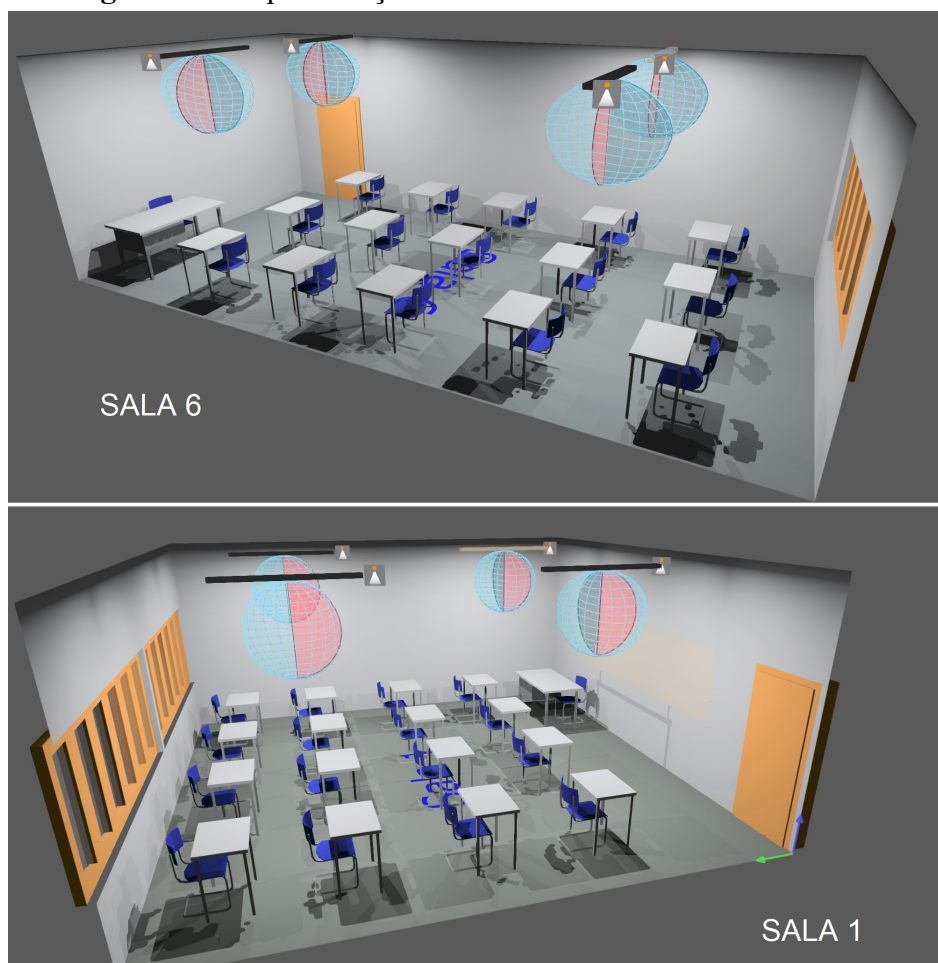
Fonte: Autoria própria, 2022.

Diante dos números de luminárias obtidos na tabela 11, realizou-se um arredondamento para mais, levando em consideração a uniformidade das salas para a instalação das luminárias e os fluxos luminosos. Assim, o número de luminárias propostas para as salas foi de 8 luminárias com a mesma potência e o mesmo fluxo luminoso.

5.6 Cálculo de Ofuscamento Unificado (UGR)

Foi reproduzido no software DIALux as salas de aula com suas medições estrutural exatas, as luminárias com todos os parâmetros e instalação que mais se aproxima da realidade, e foi adicionado as partes mobiliária das salas como cadeiras e mesas. pode-se ver a representação na figura 28.

Figura 28 - Representação das salas no software DIALux.



Fonte: Autoria própria, 2022.

No software foi adicionado duas superfícies e um ponto de cálculo em cada sala de aula. A primeira superfície foi adicionada em toda área contendo os planos de trabalho e a segunda superfície foi adicionada em um plano de trabalho específico. O ponto de cálculo foi adicionado em uma região próxima a lousa branca, onde é o ambiente de maior circulação dos professores. Para as superfícies, a altura dos olhos foi adaptada com uma média de 1,2 m da altura do chão considerando os alunos sentados. Já para o ponto de cálculo foi considerado a altura dos olhos de 1,7 m do chão, supondo que o professor está em pé. A representação das superfícies e pontos

está na figura 29.

Salienta-se que como se trata de um software, o sistema irá trabalhar de uma maneira mais ideal possível e os valores encontrados poderão exceder o esperado, pois o mesmo não leva em consideração as lâmpadas queimadas e nem com mau funcionamento encontradas nas salas.

Figura 29 - Superfícies e Pontos de cálculo UGR.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Assim, com todos os parâmetros adicionados no software foi obtido os valores dos índices de ofuscamento unificado (UGR) representados na tabela a seguir. Todos os parâmetros de cálculo estão representados no anexo IV.

Tabela 12 - Superfícies e pontos de cálculo (UGR) por sala.

Leiautes	Superfície 1 (UGR)	Superfície 2 (UGR)	Ponto (UGR)
Sala 1	19.9	19.3	20.5
Sala 6	19.4	18.4	19.2

Fonte: Autoria própria, 2022.

5.7 Índice de Reprodução de Cor (Ra)

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte luminosa, dessa forma, a luz artificial deve possibilitar ao olho humano perceber as cores corretamente, convergindo para o mais próximo da luz natural do dia (LUMICENTER, 2022). O índice de reprodução de cor das luminárias está exposto no catálogo da lâmpada ALPER, representado no anexo II, onde o nível Ra é de 80.

6. COMPARATIVO ENTRE O ESTUDO REALIZADO E A NORMA NBR 8995-1/2013

Com a realização do estudo finalizado pôde-se fazer um comparativo dos índices obtidos pela pesquisa e os índices indicados pela NBR 8995-1. A norma fornece os valores ideais para uniformidade das iluminâncias e os requisitos de iluminação recomendados para diversos ambientes e atividades representado por meio de uma tabela (anexo I), nesta tabela é indicado o planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor. Desta forma na tabela 13 está representado os comparativos dos valores encontrados entre a pesquisa e a NBR 8995-1/2013

Tabela 13 - Comparativo ESTUDO x NBR ISO 8995-1/2013.

ESTUDO					NBR ISO 8995-1/2013				
Leiautes	E med. (lux)	URG	Ra	u	Ambiente	Em (lux)	URGL	Ra	u
Sala 1	Dia 208	Superfície 1 20	80	Dia 0,77	Salas de Aula	500	≤ 19	80	≥ 0,7
	Tarde 208	superfície 2 19		Tarde 0,75					
	Noite 216	Ponto 3 21		Noite 0,78					
Sala 6	Dia 268	Superfície 1 19	80	Dia 0,72					
	Trade 264	Superfície 2 18		Tarde 0,70					
	Noite 279	Ponto 3 19		Noite 0,68					

Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo a norma, a iluminância média para cada área de tarefa não pode estar abaixo dos valores para os requisitos de iluminação recomendados, diante disso, pode-se observar que a iluminância média obtida no estudo é muito inferior ao sugerido pela norma, e em alguns horários chegam a ser menor que $\frac{1}{2}$ do indicado. Os valores dos índices de ofuscamento unificado (UGR) obtidos pelo software Dialux, para a primeira sala indicam que todas as superfícies e o ponto de cálculo estão no limite ou excedendo os valores indicados pela NBR. Na sala 6, as superfícies e ponto de cálculo 2 estão de acordo com os parâmetros indicados. O índice de reprodução de cor (Ra) fornecido pela lâmpada está de acordo com o sugerido pela norma. Já os índices de uniformidade da iluminação obtidos estão praticamente todos de acordo ao proposto pela NBR 8995-1.

7. SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A seguir será apresentado sugestões de melhorias para o sistema de iluminação das salas de aula da escola EEFOC, seguindo as bibliografias pesquisadas e a NBR 8995-1/2013.

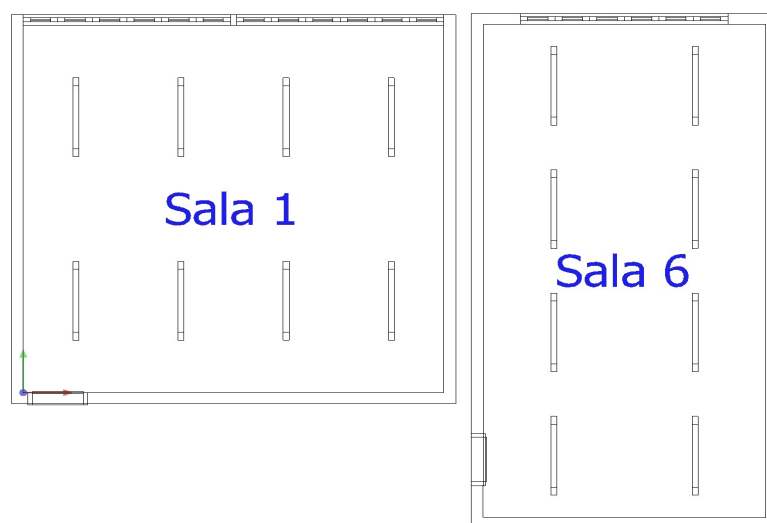
7.1 Instalação e Troca de Luminárias

Como informado, cada sala de aula tem um total de 4 luminárias, dessa forma, de acordo com o cálculo dos lumens realizado, é sugerido ser adicionado às salas de aula mais 4 luminárias de potência e fluxo luminoso aproximado, oferecendo assim uma melhor qualidade de iluminação para as áreas de tarefas dos recintos.

Para evitar ofuscamentos é necessário a troca das fontes luminosas por luminárias atuais que contenham difusores, onde assim, o fluxo da lâmpada espalha-se de forma mais homogênea e evitar o ofuscamento indesejado. Vale evidenciar o posicionamento da curva de distribuição luminosa das luminárias e das lâmpadas, para que elas estejam fora do contato direto do campo visual dos alunos.

A instalação das luminárias devem ser seguidas de acordo com manual OSRAM 2020 representado na figura 14, assim, os pontos de iluminação devem ser distribuídos de forma homogênea no recinto e as distâncias das luminárias até as paredes, deve ser igual à metade da distância do centro geométrico entre elas. Pode-se ver uma representação da distribuição das luminárias nos leiautes na figura 30.

Figura 30 - Uniformidade das luminárias.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A luminária sugerida para a instalação é da marca tubular LED ILUMINIM sobrepor, com um difusor leitoso para controle de ofuscamento e distribuição de luz uniforme, com um fluxo luminoso de em média 3.200 lm, a temperatura de cor de 6.500K, potência de 36W, e uma vida estimada em 50 mil horas. Além de ser uma luminária sustentável, pois seu material pode ser 100% reciclável. É possível ver a sua representação na figura 31.

Figura 31 - Luminária LED ILUMINIM Sobrepor.



Fonte: ILUMINIM LED, 2022.

7.2 Controle de Iluminação

É sugerido que cada sala de aula tenha o seu circuito de controle de iluminação individual, juntamente com os interruptores integrados dentro da sala de aula, dessa forma, haverá um melhor dimensionamento da iluminação, como por exemplo, em casos específicos para o acionamento de projetores ou equipamentos semelhantes projetados na lousa branca, com um controle individual das luminárias, pode-se ligar ou desligar luminárias específicas evitando refletâncias e ofuscamentos indesejáveis, ou evitando o desligamento total do circuito de iluminação. Vale ressaltar ainda que dessa forma evitaria gastos desnecessários de energia elétrica tendo em vista que cada circuito só seria ligado quando realmente houvesse necessidade, visando um consumo mais consciente e uma melhor eficiência energética.

7.3 Manutenção

Segundo a NBR estudada, a iluminância mantida no plano de trabalho depende especialmente das características de manutenção da lâmpada, da luminária, do ambiente e do programa de manutenção. Dessa forma, é aconselhável que o projeto de iluminação seja desenvolvido com o fator de manutenção total calculado para o equipamento de iluminação selecionado, para o tipo de ambiente e para o cronograma de manutenção especificado e que o fator de manutenção calculado não seja inferior a 0,70. Diante disso é convém que a limpeza das luminárias aconteça periodicamente, mantendo o ambiente sempre limpo, a manutenção deve acontecer com o ciclo de um ano, e em caso de queima deve-se realizar a troca imediata das lâmpadas.

7.4 Considerações sobre energia e eficiência energética

De acordo com a NBR 8995-1 a instalação do sistema de iluminação deve atender aos requisitos de iluminação do edifício, dos ambientes, das tarefas ou atividades específicas sem desperdiçar energia. Apesar disso, é importante não comprometer simplesmente o aspecto visual da luminária para reduzir o consumo de energia, pois dessa forma estará reduzindo o consumo de energia, mas por outro lado a qualidade da iluminação e as tarefas realizadas no plano de trabalho será prejudicada. De toda forma, é bastante válido o uso de sistemas de iluminação, equipamentos, controles, sensores e aproveitamento da luz natural disponível para a redução do consumo de energia e uma melhor eficiência energética, desde que o sistema de iluminação final não seja prejudicado.

Para adicionar ao trabalho, buscou-se dados sobre a conta de energia mensal da escola, mas de acordo com a direção, como se trata de uma escola da rede estadual, estes dados só poderiam ser obtidos na secretaria de estado da educação, dessa forma, estes dados ficaram inviáveis e não foi possível obter as informações sobre a conta de energia mensal da escola.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado na Escola Estadual Francisco de Oliveira Cabral buscou identificar a qualidade do sistema de iluminação do bloco de sala de aula da escola e posteriormente fazer um comparativo com a norma NBR 8995-1 de 2013, para isso, a pesquisa fez uso de cálculos apurados recomendados pela Norma, fez uso de software especializado em sistema de iluminação e utilizou métodos luminotécnicos como método dos lumens. Dessa forma, com os resultados obtidos foi possível sugerir métodos de melhoria para qualidade do sistema de iluminação das salas de aula.

Observando o trabalho de forma integral, o sistema de iluminação das salas de aula mostrou-se muito inferior para os requisitos mínimos sugeridos pela NBR 8995-1 de 2013, alguns índices de ofuscamento estudados excederam os valores recomendados e a iluminância do ambiente no plano de trabalho ficou muito abaixo dos valores que se pede. Outra falha se dá ao controle para o acionamento da iluminação, onde não existe um sistema individual para as luminárias das salas e as mesmas são ligadas por um único quadro de distribuição localizado no centro do bloco, além de várias salas estarem com o circuito integrados diretamente ocasionando um gasto desnecessário de energia elétrica.

A uniformidade das iluminâncias no plano de trabalho dos recintos atingiram os requisitos mínimos da Norma, o índice de reprodução de cor também atingiu sua meta com excelência tendo em vista que as lâmpadas têm o Ra ideal recomendado.

O método dos lumens realizado mostrou que as iluminância das salas de aulas devem dobrar seus valores para atingir os requisitos ideais sugeridos, portanto, o que antes tinha quatro luminárias deve existir agora 8 luminárias.

Diante das falhas encontradas foram recomendadas algumas formas de melhorias para o sistema de iluminação. O primeiro deles foi a troca e instalação das luminárias recomendadas para evitar ofuscamentos e atingir os parâmetros obtidos pelo método dos lumens, a sua instalação o mais uniforme possível nas salas de aula, de acordo com o catálogo OSRAM 2020. Outro método de melhoria foi a instalação do sistema de controle de iluminação individual, instalado nas salas, onde o mesmo pode ter o controle das diferentes luminárias de acordo com as áreas de utilização, evitando desconfortos e gastos desnecessários. E por fim, foi sugerido também um sistema de manutenção periódica para garantir a qualidade das luminárias e lâmpadas do sistema e algumas considerações sobre energia e eficiência energética.

Portanto, foi possível realizar um estudo luminotécnico na Escola EEFOC em seu Bloco de sala de aula e foi possível identificar falhas para uma posterior medidas de melhorias, por

meio da instalação de novos equipamentos e sistemas que garanta uma melhor qualidade luminosa e energética para os usuários.

REFERÊNCIAS

RAMBAUSKE, Ana Maria, **Decoração e Design de Interiores: teoria da cor**. São Paulo: 2002. Disponível em: < <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Cor/teoria-da-cor.pdf> > Acesso em: 03 de março de 2022.

Innes, Malcolm, **Iluminação no design de interiores** / Malcolm Innes ; [tradução Alexandre Salvaterra]. -- 1. ed. -- São Paulo : Gustavo Gili, 2014.

Norma Brasileira **Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior**. ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 .

Creder, Hélio, 1926-2005 **Instalações elétricas** / Hélio Creder ; atualização e revisão Luiz Sebastião Costa. Rio de Janeiro : LTC, 2016.

GRUPO INTRAL, Iluminação Inteligente. **Especificações técnicas Luminária OS-122**. Disponível em: <<https://www.intral.com.br/pt/produtos/#luminarias-para-lampadas-tubo-led/luminarias-para-lampadas-tubo-led/luminaria-os-122>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático: Limitação de ofuscamento**. Disponível em: <<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

DUTRA, L.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, R.O.F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. 2014.

LEDVANCE, **CÁLCULO LUMINOTÉCNICO | MÉTODO SIMPLIFICADO**; Disponível em: <<https://dammedia.ledvance.info/media/img/asset-13981833/downloads/eBook%20C%C3%A1culo%20Luminot%C3%A9cnico%20M%C3%A9todo%20Simplificado.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

ALPER ILUMINAÇÃO, **Especificações técnicas lampada tubo LED**. Disponível em: <<http://www.alper.com.br/led-tube/>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

BRAGA, Newton C. **Intensidade e Fluxo Luminoso**, 2015. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/matematica-na-eletronica/10882-intensidade-e-fluxo-luminoso-m260.html>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

LÚMEN, CANDELA E LUX | CONCEITOS BÁSICOS. **Power lume**, 2019. Disponível em: <[https://www.powerlume.com.br/lumen-candela-e-lux-conceitos-basicos/#:~:text=A%20intensidade%20luminosa%20%C3%A9%20o,Internacional%20de%20Unidades%20\(SI](https://www.powerlume.com.br/lumen-candela-e-lux-conceitos-basicos/#:~:text=A%20intensidade%20luminosa%20%C3%A9%20o,Internacional%20de%20Unidades%20(SI)>. Acesso em: 27 mar. 2022.

COMO A ILUMINAÇÃO LED SE TORNOU A PRIMEIRA OPÇÃO PARA OS CONSUMIDORES. **Agência Estadão**, 2020. Disponível em: <<http://institucional.ae.com.br/cadernos/releases/?id=MEdCNjRTODFxaVBXcHZvZDVETU1uZz09>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SCOPACASA, A. Vicente. **Introdução à Tecnologia de LED**, 2008. Disponível

em:<https://lumearquitectura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

DA CHAMA À CORRENTE ELÉTRICA: CONHEÇA A HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO, **Equipe G-light**, 2021. Disponível em:<<https://www.glight.com.br/blog/historia-da-iluminacao/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ZEPPINI ECOFLEX, **A Evolução dos Sistemas de Iluminação**, 2019. Disponível em:<<http://zeppini.com.br/blog/index.php/a-evolucao-dos-sistemas-de-iluminacao/#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20da%20ilumina%C3%A7%C3%A3o%20artificial,baixas%20e%20de%20animais%20selvagens>>. Acesso em: 05. mai. 2022.

DICAS DE ILUMINAÇÃO, LED. **Equipe G-light**, 2021. Disponível em:<<https://www.glight.com.br/blog/tudo-que-voce-precisa-saber-antes-de-escolher-iluminacao-da-sua-sala-de-estar-dicas-de-como-valorizar-iluminacao-do-ambiente/>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS LED. **Glix LEDs**, 2019. Disponível em:<<https://glixleds.com.br/consideracoes-tecnicas-led/>>. Acesso em: 14 abr. 2022.

COMO O ÂNGULO DE ABERTURA DA LÂMPADA INFLUÊNCIA NO SEU EFEITO. **Brilia LED**, 2021. Disponível em:<<https://blog.brilia.com/como-o-angulo-de-abertura-da-lampada-influencia-no-seu-efeito/>> Acesso em: 14 abr. 2022.

NEOENERGIA, **A INVENÇÃO DAS LÂMPADAS E SUA EVOLUÇÃO**, 2022. Disponível em:<<https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/cultura/Paginas/historia-das-lampadas.aspx>>. Acesso em: 25 mai. 2022.

OLIVEIRA, Pedro Eugênio Nogueira. **Análise e Proposta de Melhorias na Eficiência Energética Destinada à Iluminação: Um Estudo de Caso do Bloco de Aulas 2 da Ufersa – Campus Angicos/rn**. Orientadora: Valquiria Melo Souza Correia. 2020. 65 f. TFG (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Angicos/RN, 2020.

DIFUSORES NA LUMINÁRIA. **Empório Luz**, 2019. Disponível em:<<https://www.emporioluz.com.br/blog/curiosidades/difusores-na-luminaria/>> Acesso em: 10 mai. 2022.

EDUARDA, Maria. **QUAL A DIFERENÇA ENTRE LUMINÂNCIA E ILUMINÂNCIA? DESCUBRA!**, 2020. Disponível em:<<https://blog.iluminim.com.br/luminancia-e-iluminancia/>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

FRANÇA, Rogério. **O que é cálculo luminotécnico? Como fazer e que programa usar?**, 2019. Disponível em:<<https://www.archademy.com.br/blog/calculo-luminotecnico/>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

ANEXO I

**PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES, TAREFAS E ATIVIDADES COM A
ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E
QUALIDADE DA COR**

Fonte: NBR 8995-1 (2013)

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\overline{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Corredores	100	25	80	Durante o período da noite são aceitáveis baixos níveis de iluminação.
25. Locais de entretenimento				
Teatros e salas de concerto	200	22	80	
Salas com multiuso	300	22	80	
Salas de ensaio, camarins	300	22	80	É necessário que a iluminação do espelho seja isenta de ofuscamento para a maquiagem.
Museus (em geral)	300	19	80	Iluminação adequada para atender aos requisitos de exibição, proteção contra os efeitos de radiação.
26. Bibliotecas				
Estantes	200	19	80	
Área de leitura	500	19	80	
Bibliotecárias	500	19	80	
27. Estacionamentos públicos (internos)				
Rampas de entrada e saída (durante o dia)	300	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Rampas de entrada e saída (durante a noite)	75	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Pistas de tráfego	75	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Estacionamento	75	28	40	Uma iluminação vertical elevada aumenta o reconhecimento das faces das pessoas e, por esta razão, a sensação de segurança.
Guichê	300	19	80	1) Evitar reflexões nas janelas. 2) Prevenir ofuscamento oriundo do lado externo.
28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	

ANEXO II

Ficha técnica da lâmpada: ALPER - ALP-LT8-18W-V-145-018LM-865

Fonte: Catálogo ALPER 2021

ALPER

LED Tube

80% mais econômicas que as lâmpadas tubulares tradicionais

Linha de lâmpadas para iluminação direta e/ou indireta projetada para substituir as lâmpadas tubulares tradicionais.



Características

- Detalhes Técnicos: driver interno.
- Aplicação: hotéis, shopping centers, estabelecimentos comerciais, lojas e áreas residenciais.
- Montagem: lâmpada montada em luminária.
- Material: estrutura em alumínio e difusor em policarbonato/vidro.

Especificações Gerais

Fonte de luz	LED
Temperatura de operação	-20°C ~ 45°C
Umidade de operação	10 ~ 90%
Tensão de Alimentação	90 ~ 240 Vac - 60 Hz
Temperatura de Cor	☒ 3.000 K ☐ 4.000 K ☐ 6.500 K
Cores disponíveis	☒ Branco Fosco

Produto certificado - Portaria INMETRO 144/15

T5 Certificado Nº A2 1802157 - Registro 001680/2017 - OCP 0085

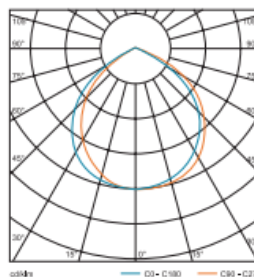
T8 Certificado Nº A2 1703087 - Registro 002829/2017 - OCP 0085

Benefícios

- Dissipação de calor eficaz.
- Ângulo de iluminação acentuado.
- Reacendimento imediato.
- Livre de mercúrio.
- Mais econômica do que as lâmpadas tradicionais.
- Longa vida útil.

>0.92	80	>25 mil
F.P.	IRC	VIDA ÚTIL (h)

Curva Fotométrica



CÓDIGO

ALP-LT8-18W-V-145-018LM-865

W
POTÊNCIA

18W

lm
FLUXO LUMINOSO

1.850 lm

lm/w
EFICIÊNCIA LUMINOSA

102,8 lm/W

TEMPERATURA DE COR

6.500 K

DIÂMETRO

T8

tube-led_w_cert.indd

Specsheet - LED Tube

©2019 Alper Energia S.A. Todos os direitos reservados.

www.alper.com.br

ANEXO III

Ficha técnica da luminária: INTRAL LUMINÁRIA OS-122 TUBO LED

Fonte: INTRAL 2022



LUMINÁRIA OS-122

Luminárias para lâmpadas TUBO LED / Luminárias para lâmpadas Tubo LED

> Linha: Comercial / Residencial

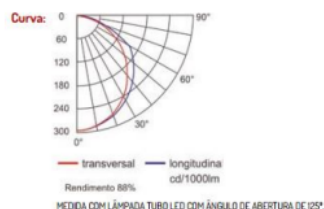


A Luminária OS-122 para Lâmpada Tuboled é um produto que permite a instalação de qualquer Lâmpada Tuboled T8 de 600mm, 1200mm ou 2400mm (ver tabela).

Basta observar o esquema de ligação da lâmpada.

Construída em chapa de aço tratada e pintada pelo sistema eletrostático a pó híbrido branco. Soquete tipo push-in G-13 de engate rápido, rotor de segurança em policarbonato e contatos em bronze fosforoso

Curva



Dimensões



Tabela

CÓDIGO	MODELO	LÂMPADA TUBO LED INDICADO (w)	LÂMPADA FLUORESCENTE EQUIVALENTE (w)	COMPRIMENTO NOMINAL DA LÂMP. (milímetros)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
09298	OS-122 2x600mm	2x5w-10w	2x20	600	59	266	640
09299	OS-122 2x1200mm	2x5w-20w	2x40	1200	59	266	1250
09887	OS-122 1x2400mm	1x42w	1x110	2400	59	266	2420
09295	OS-122 2x2400mm	2x42w	2x110	2400	59	266	2420

Endereço: Travessa Rio Grande, 130 | CEP: 95098-750 | Cidade: Caxias do Sul - RS | Telefone: 55 (54) 3209-1300
(tel:+555432091300) | E-mail: intral@intral.com.br (mailto:intral@intral.com.br)



ANEXO IV

SUPERFÍCIES E PONTOS DE CÁLCULO (UGR) DAS SALAS 1 E 6 - DIALux

Fonte: DIALux, EDITADO PELO AUTOR, 2022.

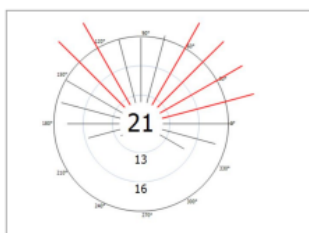
DIALux

SALA UM · Andar 1 · Sala 1

Objectos de cálculo

Ponto de cálculo 3 UGR - SALA 1 (UGR)

Encadeamento máximo com	45°
máx	20.5
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.700 m
Índice	CP1



SALA UM · Andar 1 · Sala 1

Objectos de cálculo

Superfície de cálculo 1 UGR - SALA 1 (UGR)

Encadeamento máximo com	45°
máx	19.9
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG1

SALA UM · Andar 1 · Sala 1

Objectos de cálculo

Superfície de cálculo 2 UGR - SALA 1 (UGR)

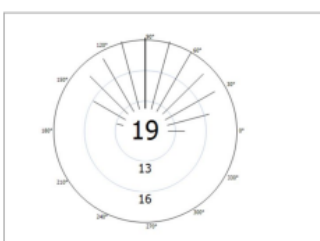
Encadeamento máximo com	345°
máx	19.3
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG3

SALA SEIS · Andar 1 · Sala 6

Objectos de cálculo

Ponto de cálculo UGR 3 - SALA 6 (UGR)

Encadeamento máximo com	90°
máx	19.2
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.700 m
Índice	CP2



SALA SEIS · Andar 1 · Sala 6

Objectos de cálculo

Superfície de cálculo UGR 1 - SALA 6 (UGR)

Encadeamento máximo com	75°
máx	19.4
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG2

SALA SEIS · Andar 1 · Sala 6

Objectos de cálculo

Superfície de cálculo 2 UGR - SALA 6 (UGR)

Encadeamento máximo com	270°
máx	18.4
Nominal	≤19.0
Área do ângulo de vista	0° - 360°
Amplitude de passo	15°
Altura	1.200 m
Índice	CG4