



**INSTITUTO FEDERAL**

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LUCAS ALVES TRAJANO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Projeto de iluminação interna de uma escola de ensino fundamental e médio utilizando a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**

João Pessoa

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

T768p Trajano, Lucas Alves.

Projeto de iluminação interna de uma escola de ensino fundamental e médio utilizando a norma NBR ISO/ CIE 8995-1 / Lucas Alves Trajano. – 2023.

46 f. : il.

TCC (Graduação - Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2023.

Orientação : Prof<sup>o</sup> D.r Gilvan Vieira de Andrade Junior.

1. Engenharia de iluminação. 2. Projeto luminotécnico.  
3. Eficiência energética. 4. LED. 5. DIALux. I. Título.

CDU 628.9(043)

Lucrecia Camilo de Lima  
Bibliotecária - CRB 15/132

ATA 26/2023 - CCSBEE/UA3/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

Coordenação do Curso Superior de Bacharelado

em Engenharia Elétrica  
CCSBEE-JP

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA E AVALIAÇÃO DE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ATA Nº: <small>(Nº / ANO)</small>	<b>281/2023</b>
--------------------------------------	-----------------

Às quatorze horas do dia sete do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, no formato remoto pelo *Meet*, foi realizada a Apresentação Pública e Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**PROJETO DE ILUMINAÇÃO INTERNA DE UMA ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO UTILIZANDO A NORMA ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**", do(a) aluno(a) **LUCAS ALVES TRAJANO**, requisito obrigatório para conclusão do CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, com os membros da Banca Examinadora **GILVAN VIEIRA DE ANDRADE JÚNIOR, DR.** (Orientador, IFPB), **DIANA MORENO NOBRE, DR.** (Examinador, IFPB) e **WALMERAN JOSE TRINDADE JÚNIOR, DR.** (Examinador, IFPB). Após a apresentação e as considerações da Banca Examinadora, o trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota **90** sendo esta composta pela média aritmética das seguintes avaliações parciais:

Texto:	Apresentação:	Defesa oral:
90	90	90

EU, **GILVAN VIEIRA DE ANDRADE JÚNIOR, DR.** (Orientador, IFPB), lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Observações:

---

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gilvan Vieira de Andrade Junior, COORDENADOR DE CURSO - FUCI - CCTELT-JP**, em 13/02/2023 23:45:36.
- **Diana Moreno Nobre, PROFESSOR EMS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/02/2023 09:17:49.
- **Walmeran Jose Trindade Junior, PROFESSOR EMS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/02/2023 10:00:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse [https://suap.ifpb.edu.br/autenticar\\_documento/](https://suap.ifpb.edu.br/autenticar_documento/) e forneça os dados abaixo:

Código: 385851  
Verificador: a79e885677  
Código de Autenticação:



## Agradecimentos

Primeiramente a Deus, que nesse período tão diferente e difícil para humanidade tem dado proteção e força para continuar evoluindo e chegando nesse momento de finalização de curso.

À minha família que me dá a motivação de não parar em frente dos obstáculos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gilvan Vieira de Andrade Junior, que sempre foi solícito, sempre se disponibilizou inclusive nesse momento de pandemia, contribuindo com sua experiência e nos ajudando com a teoria e prática em disciplinas anteriores, nos fornecendo conhecimento.

As pessoas que passaram e contribuíram nesse período de graduação.

E por fim e não menos importante, ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba que foi minha segunda casa desde o ensino médio e que foi onde realizei este estágio, e que me possibilitou a entrar em contato com a prática empreendida em sala de aula durante o curso.

*“We can run from  
adversity or we can face  
it head on and conquer  
it.”*

*(Conor McGregor)*

## RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um projeto luminotécnico para implantação de um novo sistema de iluminação para a escola EEEFM PROF MARIA BRONZEADO MACHADO situada no município de João Pessoa. Essa análise é feita por meio de um projeto auxiliado pelo software DIALux, para simulação das áreas. Foram baseadas as condições de luminosidade e seguidas como referência frente às normas brasileiras de iluminação de ambientes de trabalho (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1), seguindo-se à proposição de melhorias necessárias com a tecnologia já empregada, com uso de lâmpadas de melhor custo benefício, para atingir os níveis mínimos recomendados pelas normas e resultar num melhor custo benefício e dentro dos requisitos contidos na norma. É realizado um estudo com um novo sistema de iluminação empregando a tecnologia LED. Como principais parâmetros, são observados a eficiência energética, economia, custos de investimento, vida útil e manutenção. Após a análise dos parâmetros acima citados, um projeto de iluminação e viabilidade econômica é apresentado, como melhoria do tipo de tecnologia mais adequada a ser utilizada, com finalidade de melhor eficiência energética, economia a longo prazo e adequação as normas de iluminação.

**Palavras-chave:** Projeto de luminotécnico, eficiência energética, LED, DIALux.

## ABSTRACT

*This work presents a lighting project for the implementation of a new lighting system for the EEEFM PROF MARIA BRONZEADO MACHADO school located in the city of João Pessoa. This analysis is done through a project aided by the DIALux software, for simulating the areas. The lighting conditions were based on and followed as a reference against the Brazilian norms for lighting work environments (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1), following the proposition of necessary improvements with the technology already employed, with the use of more cost-effective lamps, to reach the minimum levels recommended by the standards and result in a better cost-effectiveness and within the requirements contained in the standard. A study is carried out with a new lighting system using LED technology. As main parameters, energy efficiency, economy, investment costs, useful life and maintenance are observed. After analyzing the parameters mentioned above, a lighting project and economic viability is presented, as an improvement of the most appropriate technology to be used, with the purpose of better energy efficiency, long-term savings and adequacy to lighting standards.*

**Keywords:** *Lighting project, energy efficiency, LED, DIALux.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo do fluxo luminoso de uma lâmpada. ....	15
Figura 2 – Exemplo da intensidade luminosa de uma lâmpada.....	16
Figura 3 – Exemplo de iluminância. ....	17
Figura 4 – Exemplo de luminância. ....	17
Figura 5 – PASSO 1. ....	24
Figura 6– PASSO 2. ....	25
Figura 7 – PASSO 3. ....	26
Figura 8 – PASSO 4. ....	27
Figura 9 – PASSO 5. ....	28
Figura 10 – PASSO 5. ....	29
Figura 11 – PASSO 6. ....	30
Figura 12 – PASSO 7 .....	31
Figura 13 – Exemplo da Luminária Dorah-E MQ .....	32
Figura 14 – PASSO 7. ....	32
Figura 15 – PASSO 8. ....	33
Figura 16 – Imagem gerada pelo DIALux da sala de aula. ....	34
Figura 17 – Sala de aula.....	35
Figura 18 – Pontos de iluminância da Sala de aula. ....	36
Figura 19 – Disposição das luminárias da Sala de aula. ....	37
Figura 20 – Coordenadas para posicionamento das luminárias da Sala de aula. ....	37
Figura 21 – Valores de iluminância na Sala de aula. ....	38
Figura 22 – Valor de iluminância mantida mínimo para ambientes de Sala de aula. ....	38
Figura 23 – Imagem gerada pelo DIALux da sala de informática. ....	39
Figura 24 – Sala de informática.....	39
Figura 25 – Pontos de iluminância da Sala de informática. ....	40
Figura 26 – Disposição das luminárias da Sala de informática.....	41
Figura 27 – Coordenadas para posicionamento das luminárias da Sala de informática.....	42
Figura 28 – Valores de iluminância na Sala de informática.....	42
Figura 29 - Valor de iluminância mantida mínimo para ambientes de Sala de informática.....	43



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de iluminância mantida (lux) de acordo com ambiente, tarefa ou atividade. .....	19
Tabela 2 - Valores de iluminância no entorno imediato. ....	20
Tabela 3 - Valores de temperatura de cor correlatada.....	21

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
W	Watts

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	12
1.1	Objetivo.....	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b> .....	15
2.1	Conceitos Luminotécnicos .....	15
2.1.1	Fluxo Luminoso .....	15
2.1.2	Intensidade Luminosa .....	16
2.1.3	Iluminância.....	16
2.1.4	Luminância .....	17
2.1.5	Refletância.....	18
2.2	Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 .....	18
<b>3</b>	<b>Metodologia</b> .....	23
<b>4</b>	<b>Resultados</b> .....	34
<b>5</b>	<b>Conclusões</b> .....	44
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45

## 1 Introdução

Um projeto de iluminação é capaz de transformar positivamente qualquer ambiente, uma vez que a luz valoriza a estética e influencia diretamente na produtividade, concentração e nos momentos de descanso da visão. Também vale destacar que a iluminação tem o poder de valorizar ou mudar totalmente as cores escolhidas dos ambientes. Portanto, iluminar um espaço não é uma tarefa tão simples, pois requer atenção na hora de posicionar cada luminária para criar funções coerentes e condizentes com as atividades realizadas em cada área de trabalho. Através das funções básicas da iluminação conseguimos identificar os principais tipos de luzes.

Outro ponto importante é a temperatura da luz. Dependendo do projeto, os ambientes pedirão luz fria, quente ou neutra, uma vez que elas têm o poder de impactar na composição do ambiente deixando mais confortável. A luz quente possui menor índice de graus Kelvin, normalmente na média de 2.700K oferecendo uma iluminação amarelada, já a luz fria conta com maior quantidade de graus Kelvin, média de 6.500K e traz uma iluminação branca, sendo usada em locais que pedem por atenção, foco e ideias para destacar pontos da decoração. A luz neutra está entre esses dois parâmetros acima, apresentando uma temperatura entre 3.500K e 5.300K.

Outro fator a destacar é o IRC (índice de reprodução de cor) das lâmpadas, que muitas pessoas acabam não se atentando na hora da escolha da luminária. Quanto mais próximo de 100 estiver o IRC, mais fielmente a cor dos objetos será representada. Normalmente, esse índice está escrito na embalagem da lâmpada.

Pensar em um projeto de iluminação vai muito além de prever pontos para instalação de lâmpadas ou mesmo decidir qual estilo de luminária é mais apropriada ao ambiente. Um projeto luminotécnico eficiente valoriza os pontos fortes de um espaço, não apenas no design, mas também na funcionalidade.

Vale destacar que há um tipo de iluminação adequada para cada função de cada ambiente. Por exemplo: no escritório, a luz deve ser eficiente, sendo recomendável a luz direta e difusa combinada a luminárias com difusores de acrílico ou vidro jateado. Pode-se agregar também as luminárias de mesa ou indiretas embutidas em prateleiras. Já na sala de estar, o ideal é que a iluminação permita a flexibilidade.

Um erro comum é realizar o projeto luminotécnico durante a obra, sem a orientação de um profissional, resultando em um espaço com luz homogênea e monótona ou insuficiente. É por isso que é possível observar que em muitas casas existem áreas que ficam com sombras de contraste, causando cansaço nos olhos, por exemplo. O benefício da luz bem direcionada afeta diretamente a qualidade do conforto dos espaços.

Abaixo segue alguns indicativos de que a luz pode estar projetada de forma errada ou com consumo acima do normal ou ideal:

- ⌚ Ter muita luz, onde não significa que um ambiente está bem iluminado, pois a distribuição correta é um fator essencial;
- ⌚ Pouca luz no ambiente causando fadiga e desconforto em algumas pessoas;
- ⌚ O desperdício de energia por excesso de luz, quando se tem uma única lâmpada, de alta potência, com alto fluxo luminoso, mas ainda assim algumas partes do ambiente apresentando menos iluminação. Para este exemplo, é mais econômico e eficiente adicionar mais pontos de luz.

As escolas são a nossa segunda casa em boa parte de nossas vidas e para que esse local seja bem aproveitado pelos alunos é de suma importância existir uma boa estrutura de iluminação, composta por lâmpadas de LED, eletrônicas e luminárias adequadas para as áreas internas e externas. Por isso, ao montar o projeto de iluminação voltado para este ambiente específico, é importante ter bastante atenção com a escolha das lâmpadas, a funcionalidade de cada área e o que pede a norma em cada uma das mesmas.

O ambiente pode prejudicar a capacidade do aluno em receber estímulos e também pode afetar no seu aprendizado e rendimento escolar. Dentre os problemas que os estudantes podem adquirir em uma sala de aula estão aqueles ligados à má iluminação como: sono, dores de cabeça e dificuldades oftalmológicas, já que a falta de luz em determinada quantidade sobrecarrega a visão. Ao projetar a iluminação para as salas de aula é preciso entender que o objetivo principal é a melhoria das condições de luminosidade no ambiente de aprendizado promovendo maior conforto e eficácia para os estudantes, preferencialmente combinando a luz natural com a luz artificial.

Dependendo do espaço a ser iluminado e da quantidade de luz natural existente, vale a pena investigar qual tipo de lâmpada gera melhores resultados em termos de iluminação e economia de energia para a escola. Os sistemas de iluminação fluorescente são as fontes mais comuns pois são ideais para iluminarem espaços mais amplos. Para salas

menores, onde a luz ficará acesa por muito mais tempo, o indicado é a utilização de lâmpadas de LED, que tem maior durabilidade e são mais econômicas.

## 1.1 Objetivo

### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral projetar o sistema de iluminação para um ambiente escolar de forma eficaz seguindo as normas técnicas que regem os projetos de iluminação.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- i) Sugerir a implementação de um programa de gestão de eficiência energética sobre a iluminação em escolas públicas com a utilização do DIALux;
- ii) Compreender as principais normas de iluminação para diferentes tipos de ambientes;
- iii) Seguir os critérios de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;
- iv) Aprender como projetar a iluminação de ambientes através do software DIALux, simulando os diversos tipos de áreas.
- v) Propor um projeto luminotécnico por meio da elaboração e defesa deste TCC.

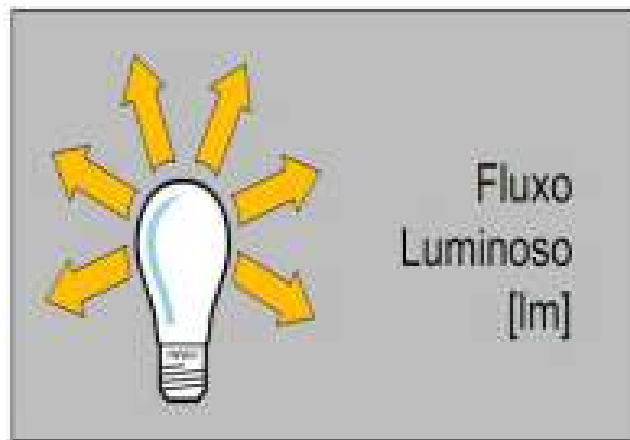
## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Conceitos Luminotécnicos

#### 2.1.1 Fluxo Luminoso

É a energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano, sendo definido como o fluxo de luz emitido no interior de um ângulo sólido de 1 esferorradiano, por uma fonte puntiforme de intensidade invariável e igual a 1 candela (cd), em todas as direções, ou seja, é considerado uma esfera com raio de 1 metro, cujo ângulo sólido ( $\omega$ ) subtende uma área de  $1\text{m}^2$  sobre a superfície denominado esferorradiano, e o fluxo emitido no interior deste ângulo sólido corresponde exatamente 1 lúmen (lm).

Figura 1 – Exemplo do fluxo luminoso de uma lâmpada.



Fonte: (1).

O fluxo luminoso ( $\Phi_v$ ) é calculado pela seguinte expressão:

$$\Phi_v = E \cdot S / O \cdot d$$

Sendo esses parâmetros acima:

S = área do local em  $\text{m}^2$ ;

E = iluminância em lux;

O = coeficiente de utilização;

d = fator de depreciação e refletâncias do teto e paredes.

### 2.1.2 Intensidade Luminosa

É definida pela potência irradiada por uma fonte luminosa em determinada direção, ou seja, é o fluxo luminoso que se irradia em uma direção, expresso por I.

Sendo assim, intensidade luminosa refere-se à intensidade da luz projetada em uma determinada direção. É importante para luminárias ou lâmpadas com fecho de luz do tipo direcional e é diretamente influenciada pelo ângulo de abertura do fecho da fonte luminosa. Quanto menor o ângulo de abertura, maior a intensidade luminosa.

Figura 2 - Exemplo da intensidade luminosa de uma lâmpada.



Fonte: (1).

### 2.1.3 Iluminância

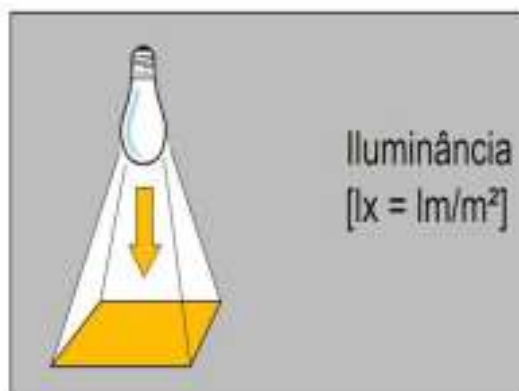
É uma grandeza de luminosidade que corresponde a razão entre o fluxo luminoso incidente de forma perpendicular a uma área, e calculado pela seguinte expressão:

$$E = \Phi / S$$

Essa equação acima corresponde ao iluminamento de uma superfície de 1m<sup>2</sup> que recebe um fluxo luminoso de uma fonte puntiforme a 1 metro de distância na direção perpendicular, cuja intensidade é de 1 lúmen uniformemente distribuído por metro quadrado. Desta forma, sua unidade é o lux, e o aparelho que mede essa grandeza é o luxímetro. Sendo assim, na prática, a iluminância é um termo que descreve a medição da quantidade de luz que cai (iluminando e espalhando) sobre uma determinada área de superfície.



Figura 3 – Exemplo de iluminância.



Fonte: (1).

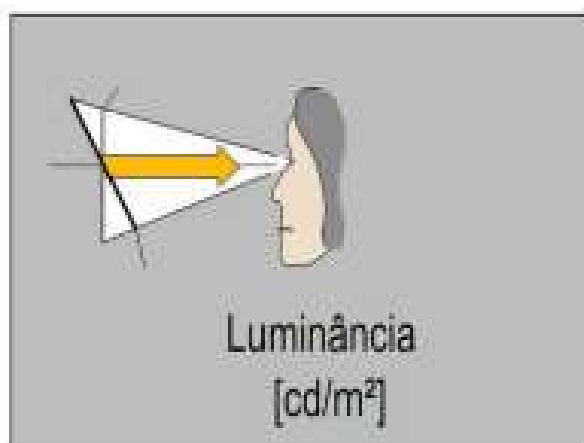
#### 2.1.4 Luminância

É a razão entre a intensidade luminosa em candela pela área em m<sup>2</sup>, calculado pela seguinte expressão:

$$L = I / S$$

Podendo ser definida como “densidade luminosa superficial”. A luminância descreve a medição da quantidade de emissão de luz, que passa através ou é refletida a partir de uma superfície em particular com um certo ângulo. Sendo assim, a luminância indica o brilho da luz emitida ou refletida de uma superfície.

Figura 4 – Exemplo de luminância.



Fonte: (1).

### 2.1.5 Refletância

É o percentual de luz refletida por uma superfície. É a medida da densidade da intensidade de luz refletida por uma superfície aparente numa determinada direção, ou seja, a refletância é a relação entre a luz emitida e seu reflexo no ambiente, onde vai variar de acordo com o fluxo luminoso. Tendo como unidade a candela por  $m^2$  ( $cd/m^2$ ).

## 2.2 Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

### 2.2.1 Definições

Nesta Norma pode ser destacados os seguintes termos:

- **Tarefa visual:** Refere-se aos elementos visuais da tarefa a ser realizada;
- **Área da tarefa:** Parte da área de um determinado local de trabalho no qual a tarefa visual está localizada e é realizada;
- **Índice de ofuscamento unificado (UGR):** Representa o nível de desconforto ocasionado pelo ofuscamento;
- **Índice limite de ofuscamento unificado ( $UGR_L$ ):** Valor máximo permitido do nível de ofuscamento unificado de projeto para uma determinada instalação de iluminação;
- **Plano de trabalho:** Superfície onde o trabalho é habitualmente executado;
- **Iluminância mantida ( $E_m$ ):** Valor mínimo de iluminância média da superfície recomendado. Cada tipo de tarefa a ser executada possui valor de iluminância média específico a ser seguido.

### 2.2.2 Critérios do Projeto de Iluminação

Uma iluminação de boa qualidade em locais de realização de tarefas, é importante para que as mesmas sejam executadas facilmente, de maneira adequada e com conforto. A iluminação deve atender os aspectos quantitativos e qualitativos de acordo com a necessidade da área, assegurando visualmente o conforto, desempenho e segurança do ambiente luminoso. Para atender esse ambiente, vale destacar importantes parâmetros que corroboram para isso, onde entre os principais são:

- Distribuição da iluminância;
- Iluminância;
- Ofuscamento;
- Direcionalidade da luz;
- Aparência da cor da luz e superfícies;
- Cintilação;
- Luz natural;
- Manutenção.

### 2.2.3 Iluminância

A iluminância e sua distribuição nas áreas de trabalho e no entorno imediato têm um impacto mais significativo na visualização e realização da tarefa de forma rápida, segura e confortável. Para lugares onde a área específica é desconhecida, a área onde a tarefa pode ocorrer é considerada a área de tarefa.

Para valores em salas de aula, podemos considerar a área da sala como sendo a área de tarefa, já que pode variar a quantidade e a disposição das mesas dos alunos e professor. Como os valores de iluminância especificados nesta Norma são de iluminâncias mantidas, afim de proporcionar a segurança visual no trabalho assim como as necessidades do desempenho visual, na Tabela 1 pode verificar esse valor de iluminância mantida em lux para algumas atividades, inclusive para salas de aula, sendo observado o valor de 300 lux para a respectiva atividade, segundo a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Tabela 1 – Valores de iluminância mantida (lux) de acordo com ambiente, tarefa ou atividade.

<b>28. Construções educacionais</b>				
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	

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

### 2.2.3 Iluminância no entorno imediato

A iluminância no entorno imediato deve estar relacionada com a iluminância da área de tarefa. Desta maneira, projetando uma distribuição mais uniforme da iluminância, diminui a variação de iluminância na área total, colaborando com a diminuição do risco de ocasionar um esforço visual estressante e desconfortável. As iluminâncias mantidas das áreas do entorno imediato podem ser menores que as iluminâncias das áreas das tarefas, contudo, não podem ser menores que os valores definidos mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de iluminância no entorno imediato (lux).

<b>Iluminância da tarefa</b> lux	<b>Iluminância do entorno imediato</b> lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

### 2.2.4 Uniformidade

A iluminância deve se alterar gradualmente. A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível. Segundo a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, para as áreas de tarefa, a uniformidade tem que ser igual ou maior a 0,7 e para o entorno imediato a uniformidade tem que ser igual ou maior que 0,5. Essa uniformidade pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$U = \frac{E_{\text{mín}}}{E_{\text{méd}}}$$

Sendo esses parâmetros acima:

U = Uniformidade da iluminância no ambiente;

$E_{\text{mín}}$  = Iluminância mínima do ambiente em lux;

$E_{\text{méd}}$  = Iluminância média do ambiente em lux.

### 2.2.5 Ofuscamento

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas de maior brilho dentro do campo de visão, que pode ser definido tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador. É importante limitar o ofuscamento com a finalidade de prevenir erros, fadiga e acidentes. O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação exterior, mas também pode existir em iluminação pontual ou fontes de intenso brilho, como uma janela em um espaço de menos iluminação. No interior de locais de trabalho, o ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas. Normalmente o ofuscamento inabilitador não é problema quando os limites em relação ao ofuscamento desconfortável forem atendidos.

### 2.2.6 Iluminação direcional de tarefas visuais

A iluminação em uma direção é importante, pois especifica e ajuda a evidenciar os detalhes de uma tarefa visual, aumentando sua visibilidade e permitindo com que a tarefa seja realizada mais facilidade e conforto.

### 2.2.7 Aspectos da cor

Dois atributos caracterizam as qualidades da cor de uma lâmpada, sendo eles a aparência da cor, onde refere-se à cor aparente da luz que ela emite, sendo descrita pela sua temperatura de cor correlatada ( $T_{cp}$ ) e divididas em três grupos como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de temperatura de cor correlatada.

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: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Outro atributo que caracteriza as qualidades da cor de uma lâmpada é a reprodução de cor ( $R_a$ ), também podendo ser denominado de índice de reprodução de cor (IRC), sendo indicado pela Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, a não utilização de lâmpadas com a reprodução de cor menor que 80 em interiores, em que pessoas trabalham ou permaneçam por longos períodos de tempo. Para o caso de salas de aula, o  $R_a$  indicado deverá ser maior que 80.

### 3 Metodologia

Para realização do projeto luminotécnico foi utilizado a planta baixa contida no ANEXO I, da Escola EEEFM PROF MARIA BRONZEADO MACHADO, que é uma escola de ensino fundamental e médio da rede estadual da Paraíba, localizada na área urbana da cidade de João Pessoa. A escolha da escola foi pela disponibilidade da planta baixa e por ser uma escola com características próximas as outras da rede estadual, podendo ser simulado as áreas pelo software DIALux a fim de projetar a iluminação interna devida para ambientes escolares seguindo a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Neste projeto os ambientes internos incluídos foram:

- Salas de aula;
- Sala de aula – Educação de adultos;
- Sala de informática;
- Biblioteca;
- Diretoria;
- Coordenação;
- Secretaria;
- Sala de Professores;
- Arquivo;
- Cozinha;
- Banheiros;
- Circulação;
- Corredores;
- Refeitório;
- Pátio;
- Cantina.

No projeto luminotécnico, podemos determinar o tipo, a quantidade e a disposição das lâmpadas e luminárias, para a iluminação de acordo com a necessidade imposta pela Norma, e com o auxílio do software que simula as áreas é possível obter a melhor quantidade e distribuição das lâmpadas e luminárias.

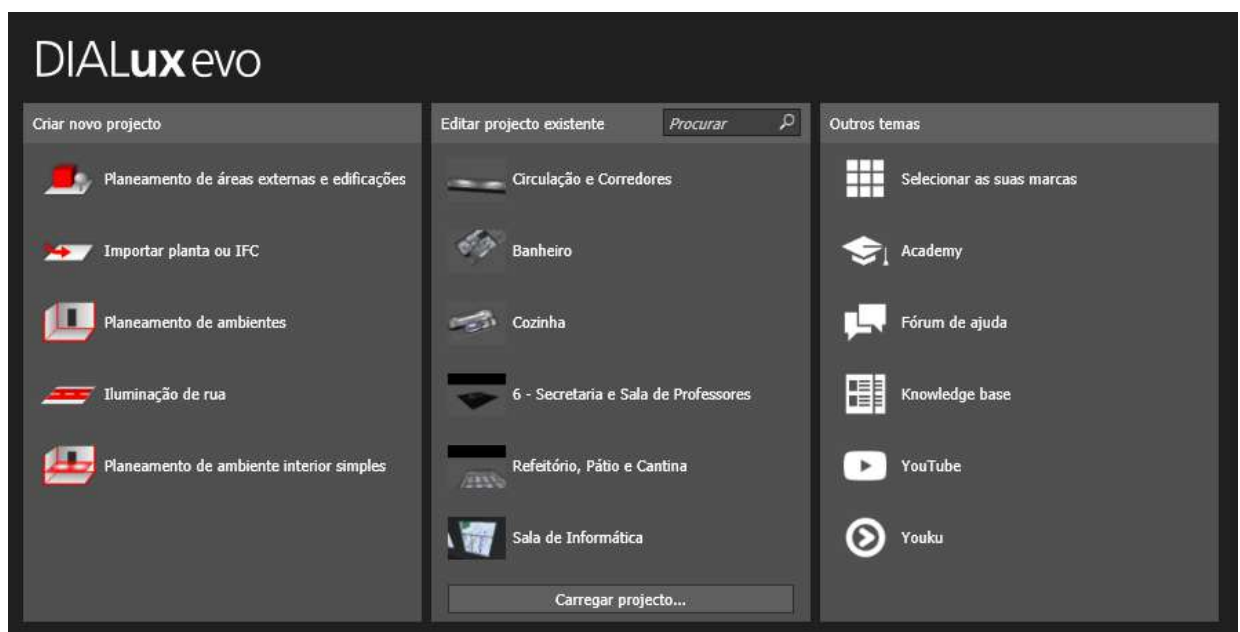
O software DIALux, foi utilizado para fazer a simulação dos ambientes e de como ficaria o ambiente iluminado obedecendo as indicações da Norma, possibilitando os cálculos luminotécnicos é de vasta utilização por profissionais das diversas áreas da engenharia, principalmente no que se refere a construções. Por meio desse software é possível simular a iluminação de ambientes internos e externos levando em consideração os objetos, obstáculos de iluminação do ambiente e iluminação natural.

Para finalidade de simulação de áreas e ambientes, ele possibilita a representação mais próxima possível do ambiente, como o posicionamento e cores de objetos, portas, janelas, e também valores das refletâncias das superfícies dos objetos, tornando a simulação mais precisa e real. Depois de realizadas as simulações, são gerados relatórios para análise dos resultados.

Abaixo segue o passo a passo e imagens de como foi feito a simulação da área de sala de aula através do software DIALux, que serviu para simular os outros ambientes contidos, onde cada um respeitando e mudando a suas características, e sendo modificado de acordo com o que pede a Norma, veremos no capítulo de resultados, como ficaram os demais ambientes.

PASSO 1 – importar a planta em arquivo IFC ou DWG (AutoCAD).

Figura 5 – PASSO 1.

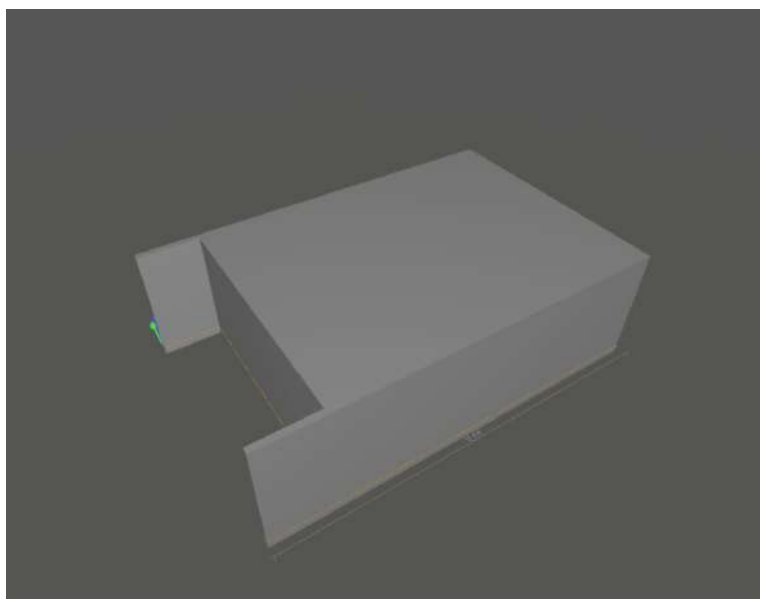
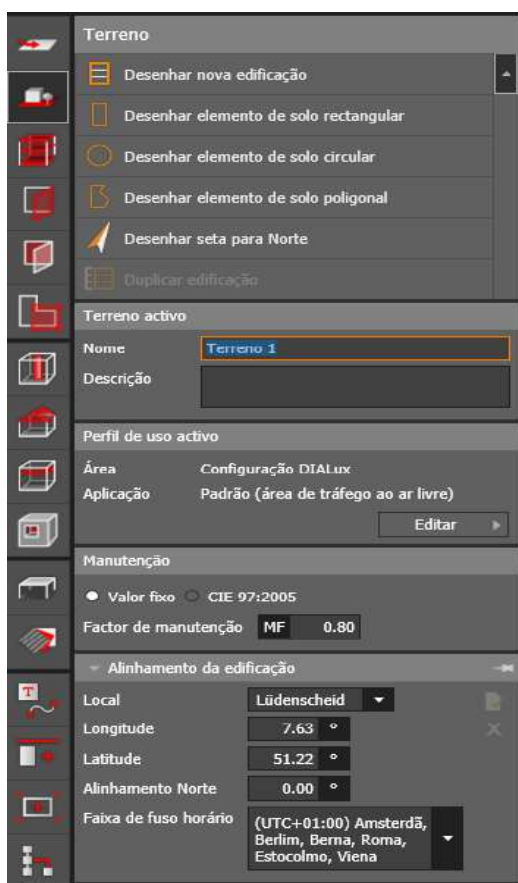


Fonte: Autoral.



PASSO 2 – Adicionar o terreno sobre a planta já adicionada no passo anterior clicando em “Terreno >> Desenhar nova edificação”, nessa parte basta contornar as arestas externas da edificação.

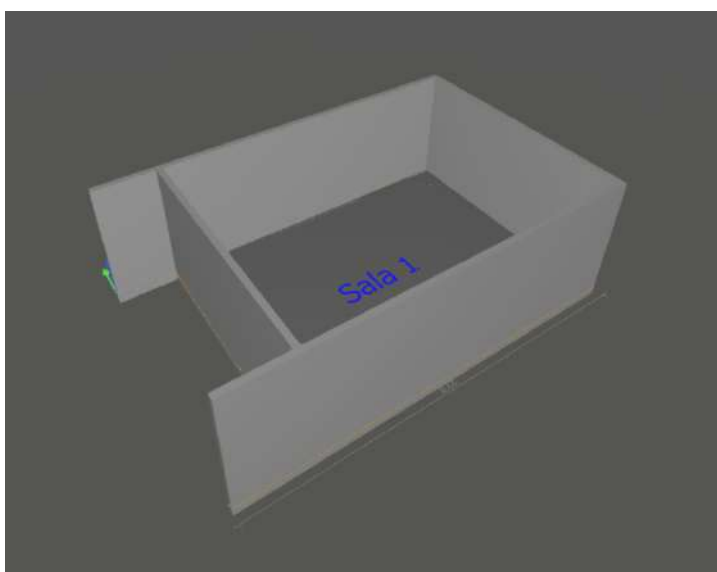
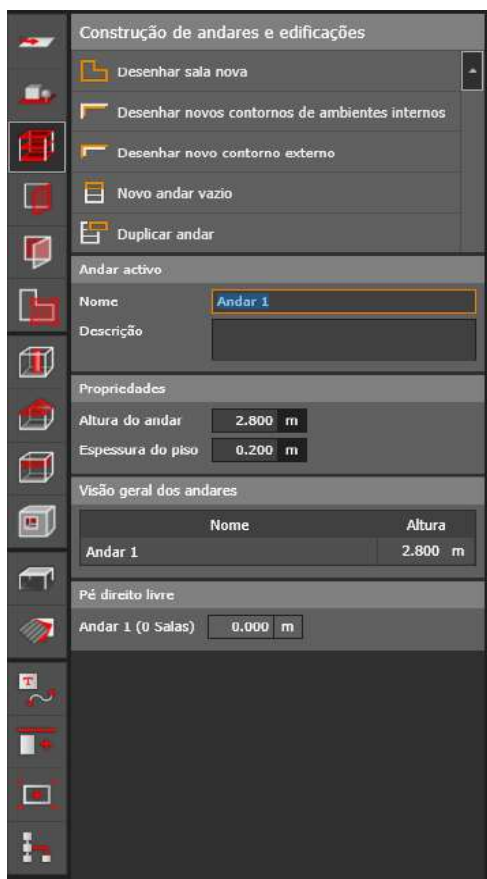
Figura 6 – PASSO 2.



Fonte: Autoral.

PASSO 3 – Após criar o bloco da edificação, é necessário fazer o recorte no mesmo para inserir os objetos. Para isso deve clicar em “Construção de andares e edificações >> Desenhar nova sala” e contornar as arestas (paredes) internas da planta.

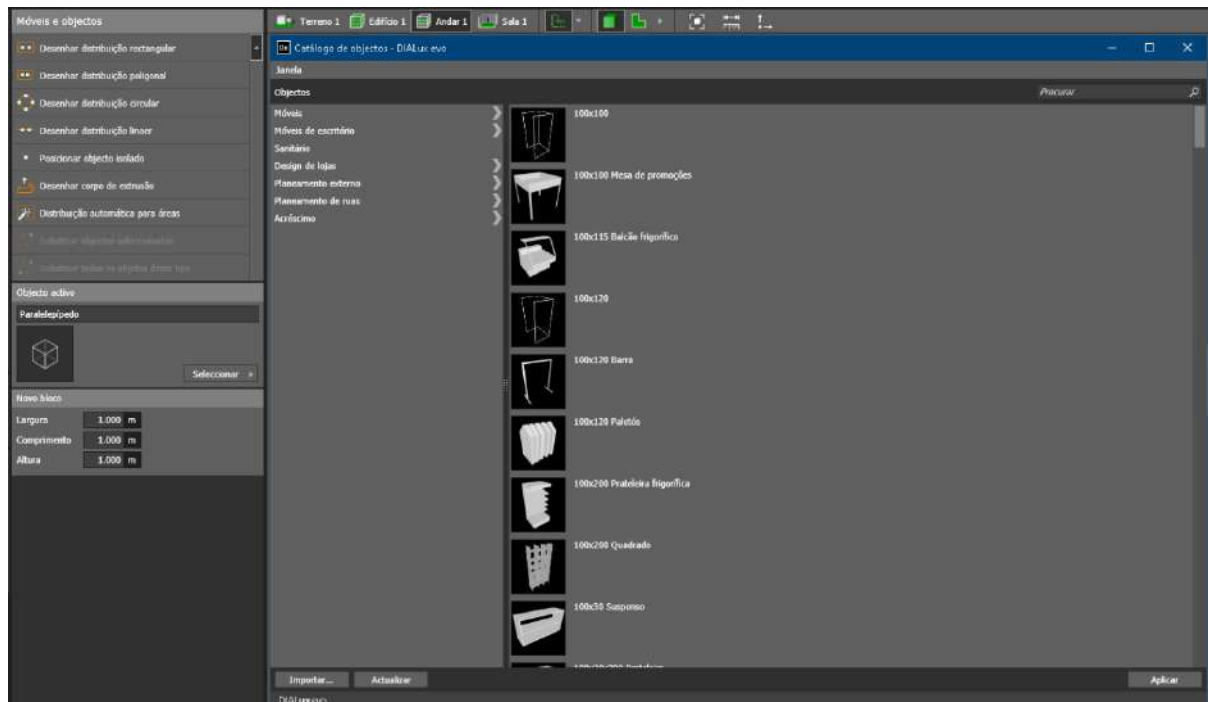
Figura 7 – PASSO 3.



Fonte: Autorial.

PASSO 4 – Agora deve-se inserir os objetos (mesas, cadeiras ...) a depender do ambiente. Neste passo basta clicar no ícone da mesa em “móveis e objetos >> selecionar o objeto desejado”

Figura 8 – PASSO 4.



Fonte: Autoral.

O DIALux possui um catálogo com diversos móveis e objetos, porém você pode importar objetos mais detalhados e complexos de acordo com o que projeto demanda. Feito a escolha do objeto, insira na planta de acordo com a escolha do design. Nessa parte é preciso paciência e criatividade para melhor acolar os móveis e cores no projeto, a fim de simular a área o mais próximo possível do que ficará o ambiente.

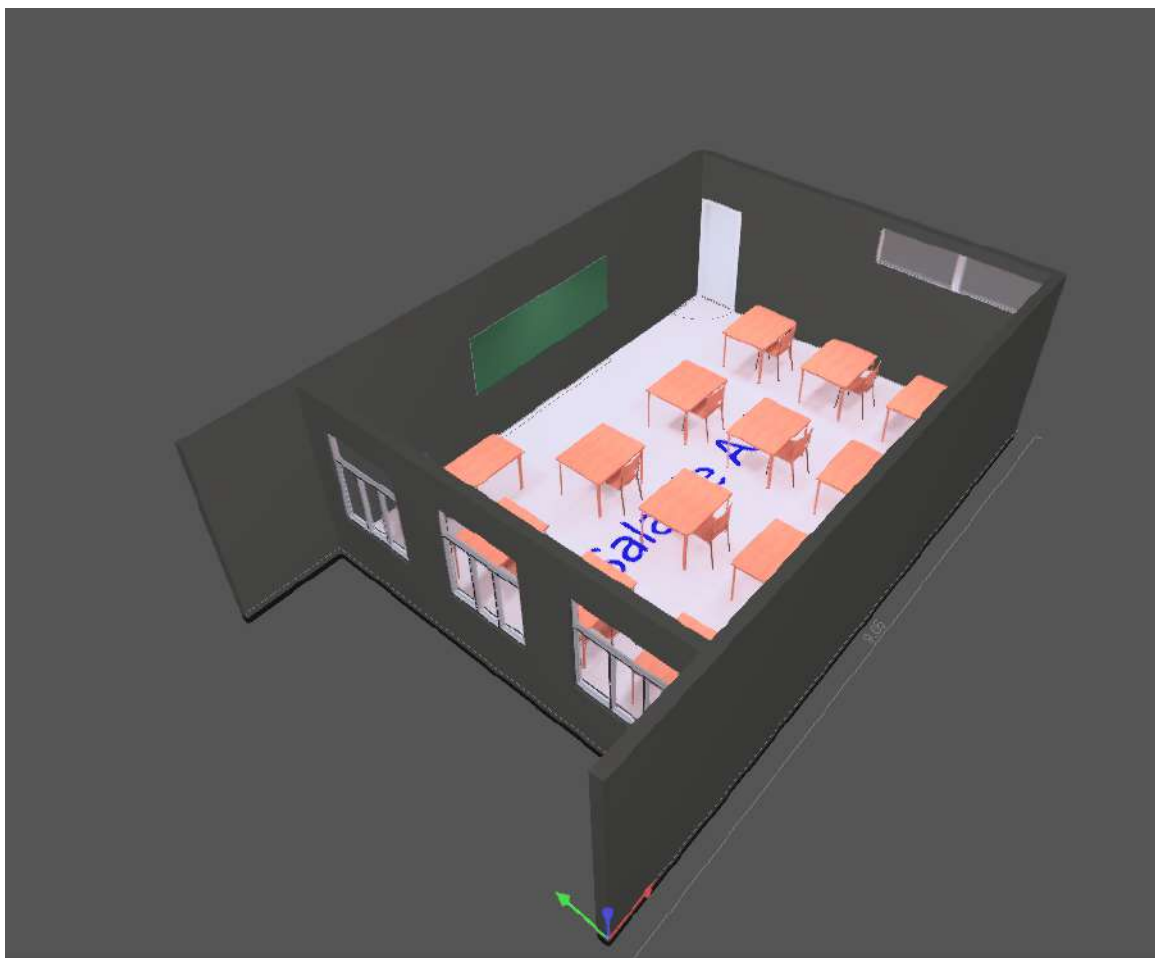
PASSO 5 – Depois de adicionar todos os objetos, pode-se inserir as porta e janelas da edificação. Para isso deve-se clicar em “Aberturas da edificação >> Selecionar”. Assim como no (PASSO 4) o software possui portas e janelas no seu catálogo, pode-se escolher a abertura de acordo com o projeto.

Figura 9 – PASSO 5.



Fonte: Autoral.

Figura 10 – PASSO 5.



Fonte: Autoral.

PASSO 6 – Este passo é onde será inserido o forro da edificação, para adicionar o mesmo, tem-se que seleccionar “Tectos >> Inserir tecto no ambiente >> Alterar a Distância do piso não acabado >> Clicar na sala onde vai ser inserido o forro”.

Figura 11 – PASSO 6.

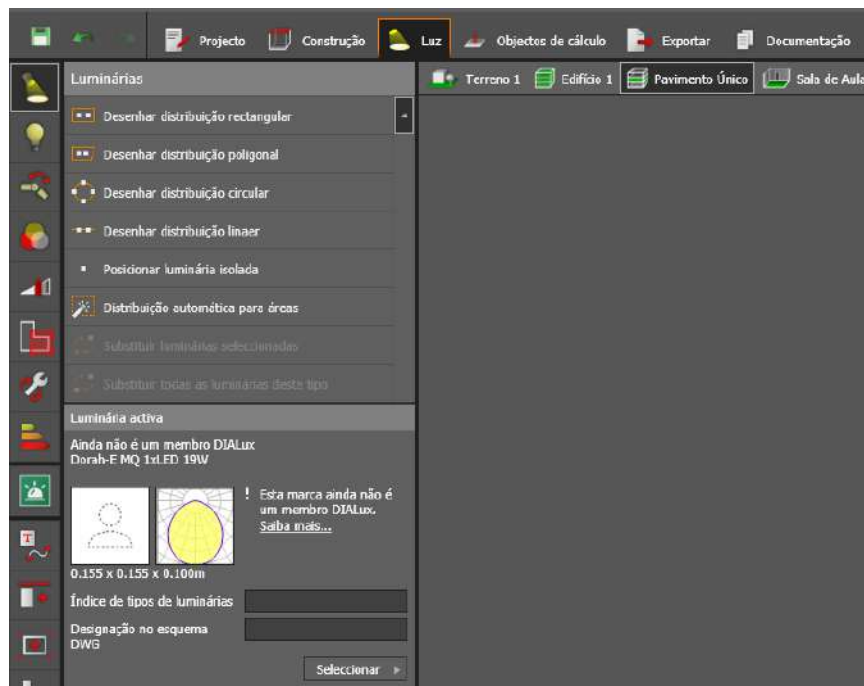
The image shows a software interface for configuring ceiling (Tectos) settings. It is divided into several sections:

- Tectos**: Contains three main options:  Inserir tecto no ambiente,  Desenhar novo tecto, and  Adaptar teto ao ambiente.
- Tecto activo**: A section for active ceiling settings with the following parameters:
  - Altura da estrutura não acabada: 2.800 m
  - Distância do piso não acabado: 2.600 m (highlighted with a blue border)
  - Distância do tecto na estrutura não acabada: 0.170 m
  - Espessura do tecto: 0.030 m
  - Distância de parede: 0.000 m
  - Fechar laterais:
- Pé direito livre**: A section for free height settings with the following parameter:
  - Pavimento Único (1 Sala): 2.600 m

Fonte: Autoral.

PASSO 7 – Agora só falta inserir as luminárias. Nesta etapa tem-se que sair da aba de “Construção” e selecionar “Luz” e desenhar a distribuição das luminárias que a depender da sala pode-se escolher entre distribuição retangular, poligonal, circular, linear e isolada, ou ainda deixar que o software trabalhe por você selecionando “Distribuição automática para área”. Esta etapa é de extrema importância, pois nela o projetista escolhe a luminária que atenda da melhor forma possível iluminação do ambiente. Como nos passos anteriores o DIALux possui alguns modelos de luminárias, porém caso o projetista opte por importar outra luminária de marca e/ou modelo diferente dos disponíveis no software também é possível, basta procurar com os fornecedores o arquivo no formato (.ies).

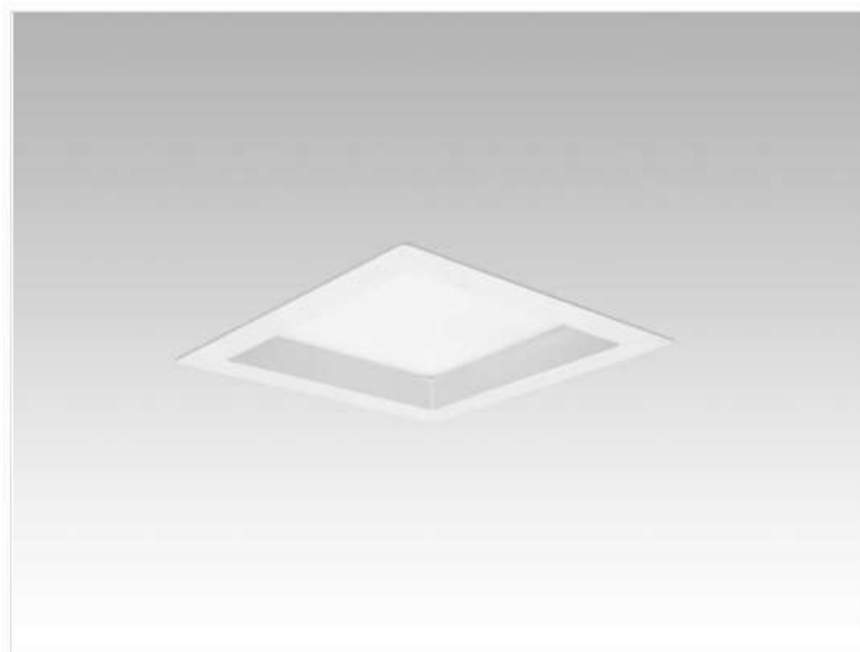
Figura 12 – PASSO 7.



Fonte: Autoral.

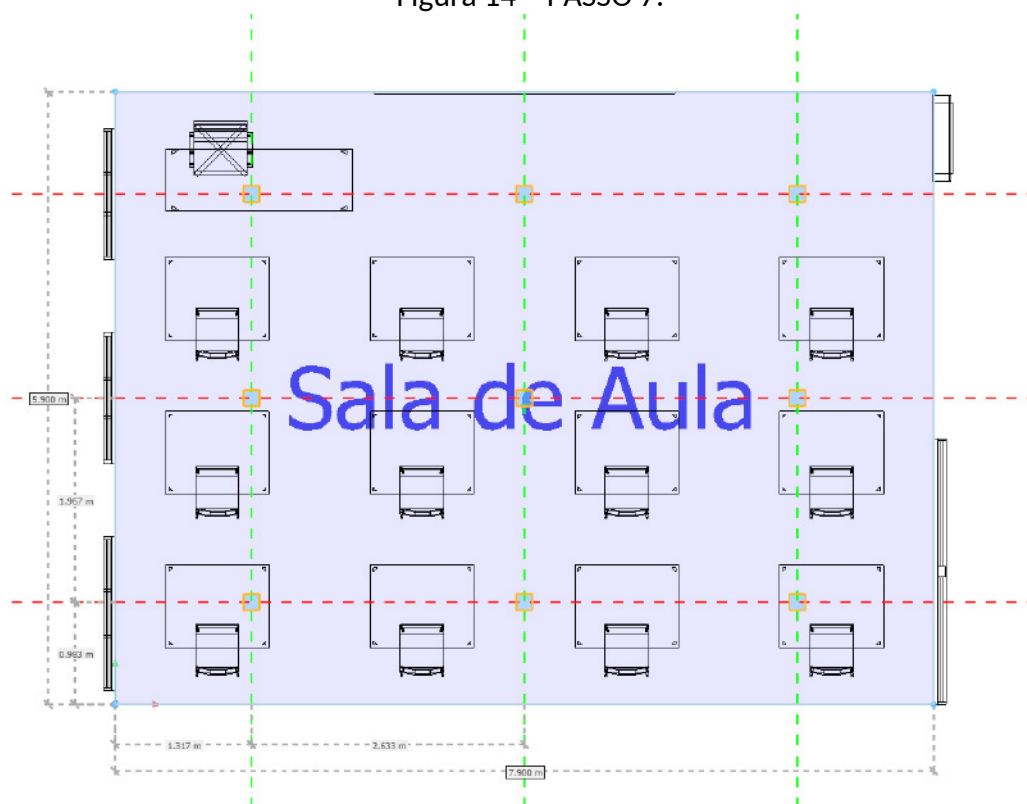
Para esse projeto foi escolhido a luminária Dorah-E MQ da fabricante ITAIM, que já estava no banco de luminárias do DIALux, como visto na figura 13 a seguir, onde através dos resultados do relatório, se confirmou possível a utilização da mesma. Ela tem entre suas características ser uma luminária que possui 1 LED, ter potência de 19W, fluxo luminoso de 1.955 lúmens, índice de reprodução de cor acima de 80, e temperatura de cor intermediária no valor de 4.000K.

Figura 13 - Exemplo da Luminária Dorah-E MQ.



Fonte (2).

Figura 14 - PASSO 7.



Fonte: Autoral.

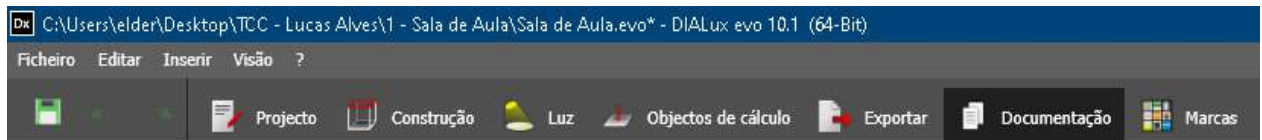


PASSO 8 – Por fim, tem-se que verificar se o projeto está de acordo com a Norma ABNT ISO/CIE 8995-1, Na aba “Documentação” o DIALux faz essa análise. Nesta parte o software pega os parâmetros que foram inseridos, e gera um documento listando tudo que é relevante para o projeto, como:

- 🕒 Ficha técnica das luminárias
- 🕒 Lista de luminárias
- 🕒 Objeto de cálculo dos ambientes
- 🕒 Esquema de posições
- 🕒 Plano de uso

Entre outras coisas, caso as informações contidas na documentação não estejam de acordo com o esperado o projetista pode voltar para voltar para aba “Luz” e ajustar até ficar de acordo com a NORMA.

Figura 15 – PASSO 8.



Fonte: Autoral.

Com todos os parâmetros atendidos, basta salvar o relatório gerado pelo o software e o projeto estará finalizado.

## 4 Resultados

Como resultados foram gerados relatórios luminotécnicos pelo software DIALux, de cada ambiente citado no capítulo 3, onde o software fornece os resultados das quantidades de luminárias, a distribuição que melhor atende a necessidade do ambiente, onde posicionar as luminárias, iluminâncias em cada ponto dos ambientes e com o auxílio da Norma ABNT ISO/CIE 8995-1 é possível verificar se os parâmetros específicos para cada ambiente foram atendidos.

A seguir é mostrado nas Figuras 16 a 22, as partes mais importantes dos relatórios, de dois tipos de ambientes internos que são a sala de aula, onde pela área, pode ser feita uma simulação para as restantes de mesma dimensão, nesse caso a escola possui 10 salas de aula, o outro ambiente é a sala de informática. As especificidades desses ambientes são diferentes para as suas iluminações.

Figura 16 – Imagem gerada pelo DIALux da sala de aula.



Fonte: Autoral.

A Figura 16, ilustra a sala de aula com a iluminação já projetada, a disposição das luminárias, objetos e janelas, de forma tridimensional, a fim de demonstrar como ficará o projeto executado.

Figura 17 – Sala de aula.

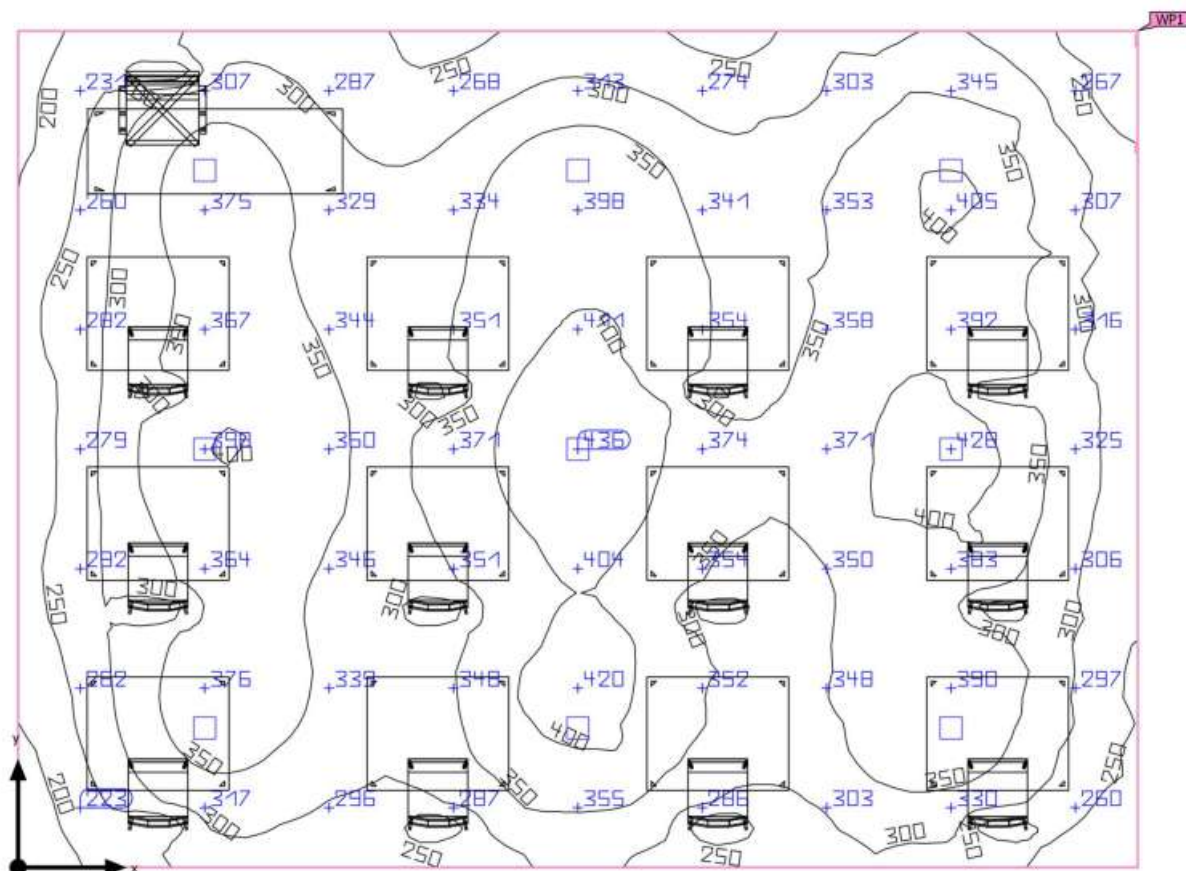


Fonte: Autoral.

A Figura 17, é mostrado a área de sala de aula, e onde estará posicionado a porta, as janelas e o quadro.

Na imagem, Figura 18, é mostrado a área da sala de aula com a disposição dos objetos e as iluminâncias em relação ao primeiro ponto de superfície de contato, nessa imagem é importante notar que ela indica onde terão os pontos mínimos e máximos de iluminância em lux, assim como também a quantidade de luminárias no ambiente.

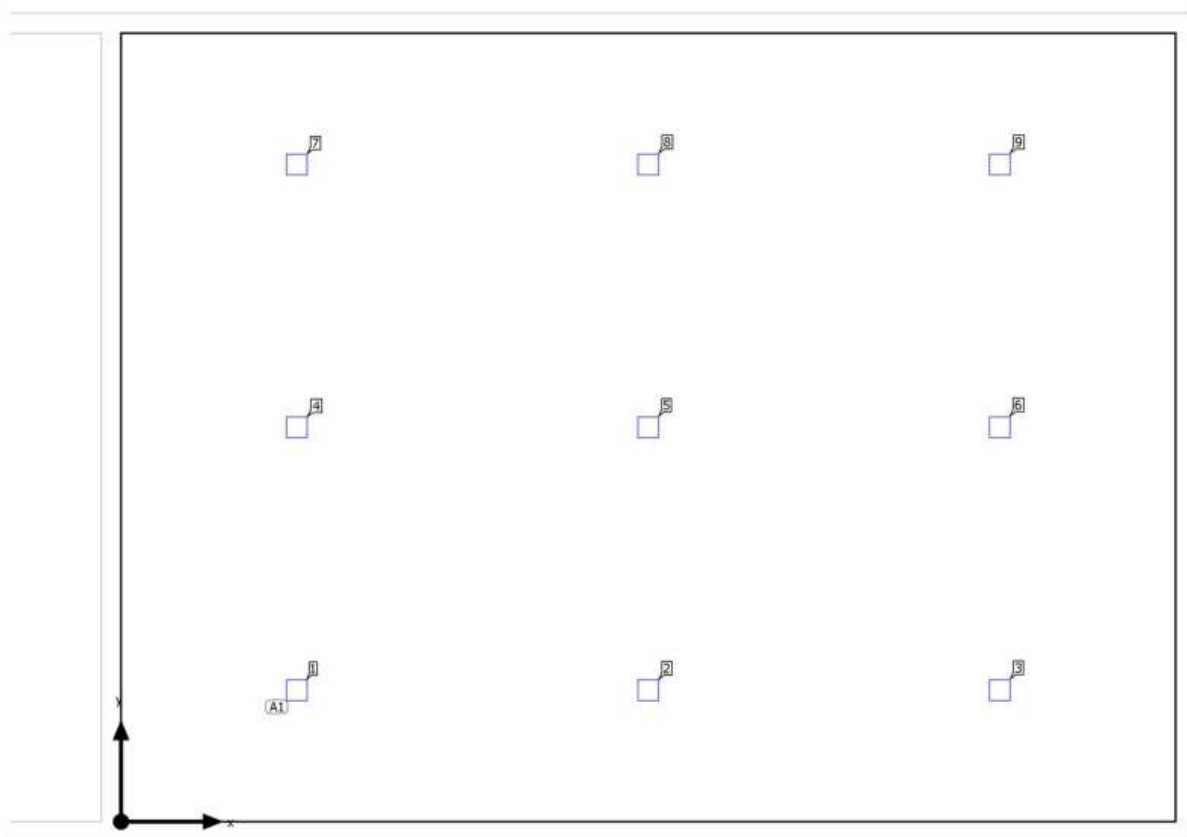
Figura 18 - Pontos de iluminância da Sala de aula.



Fonte: Autoral.

A Figura 19, é mostrado a distribuição das luminárias e enumeradas a fim de facilitar a instalação no local correto, logo a seguir na Figura 20 é mostrado onde cada luminária estará posicionada de acordo com as coordenadas e altura.

Figura 19 – Disposição das luminárias da Sala de aula.



Fonte: Autoral.

Figura 20 – Coordenadas para posicionamento das luminárias da Sala de aula.

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (X/Y/Z)	1.317 m / 0.983 m / 2.680 m	1.317 m	0.983 m	2.680 m	1
		3.950 m	0.983 m	2.680 m	2
		6.583 m	0.983 m	2.680 m	3
direção X	3 Un., Centro - centro, 2.633 m	1.317 m	2.950 m	2.680 m	4
direção Y	3 Un., Centro - centro, 1.967 m	3.950 m	2.950 m	2.680 m	5
Distribuição	A1	6.583 m	2.950 m	2.680 m	6
		1.317 m	4.917 m	2.680 m	7
		3.950 m	4.917 m	2.680 m	8
		6.583 m	4.917 m	2.680 m	9

Fonte: Autoral.

Por fim, a imagens contida na Figura 21, indica o resultado da iluminância mantida do ambiente, e as iluminâncias mínimas e máximas. Já na Figura 22, é mostrado que pela tabela de PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS), TAREFAS E ATIVIDADES COM A ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E QUALIDADE DA COR, fornecida pela Norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1, a quantidade de lux indicada para esse tipo de ambiente foi atendida, já que a iluminância mantida do ambiente fico acima de 300 lux, nesse caso estando em 333 lux.

Figura 21 – Valores de iluminância na Sala de aula.

Níveis de uso

Propriedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano de uso (Sala de Aula) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	333 lx ( $\geq 500$ lx) X	169 lx	436 lx	0.51	0.39	WP1

Fonte: Autoral.

Figura 22 – Valor de iluminância mantida mínimo para ambientes de Sala de aula.

Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
--	-----	----	----	---

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

A seguir nas Figuras 23 a 29, são demonstrados os resultados para outro tipo de ambiente, nesse caso a sala de informática, a fim de evidenciar as diferenças de quantidade, disposição, parâmetros e iluminação final.

Figura 23 – Imagem gerada pelo DIALux da sala de informática.



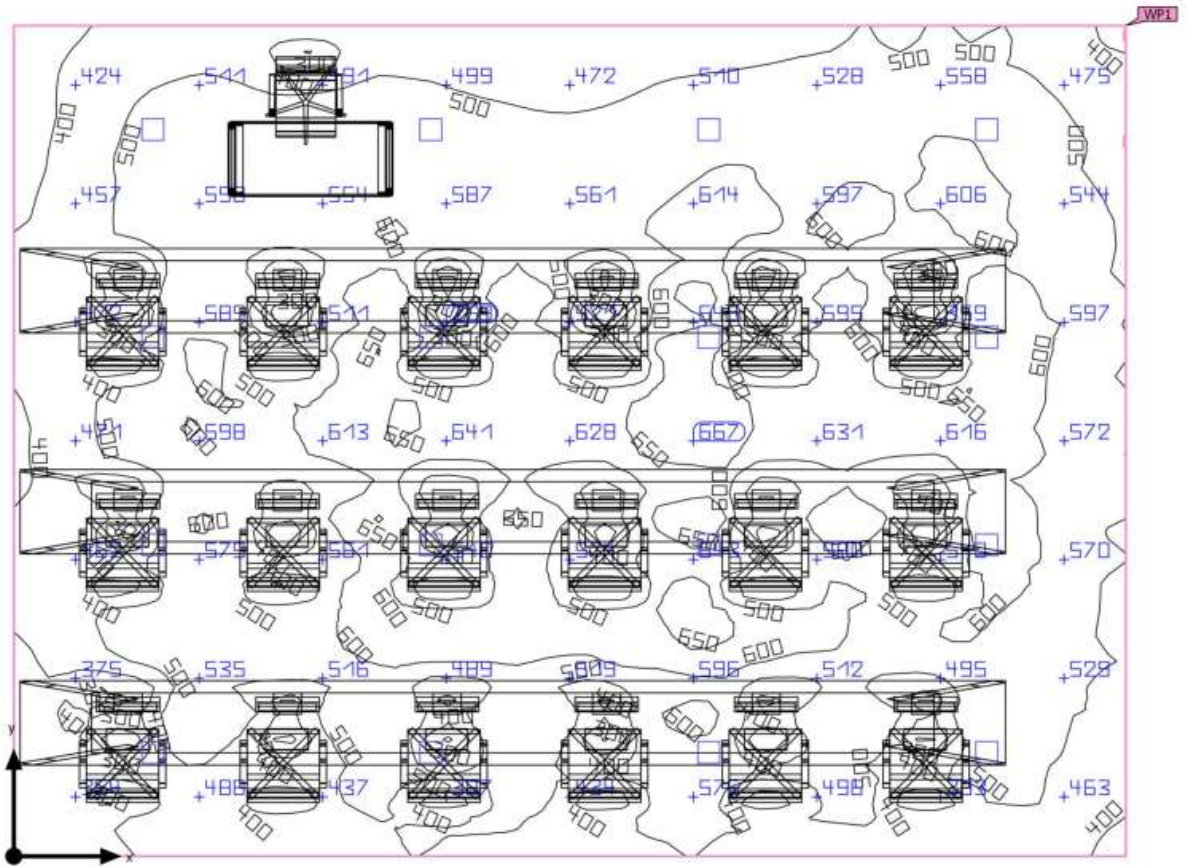
Fonte: Autoral.

Figura 24 – Sala de informática.



Fonte: Autoral.

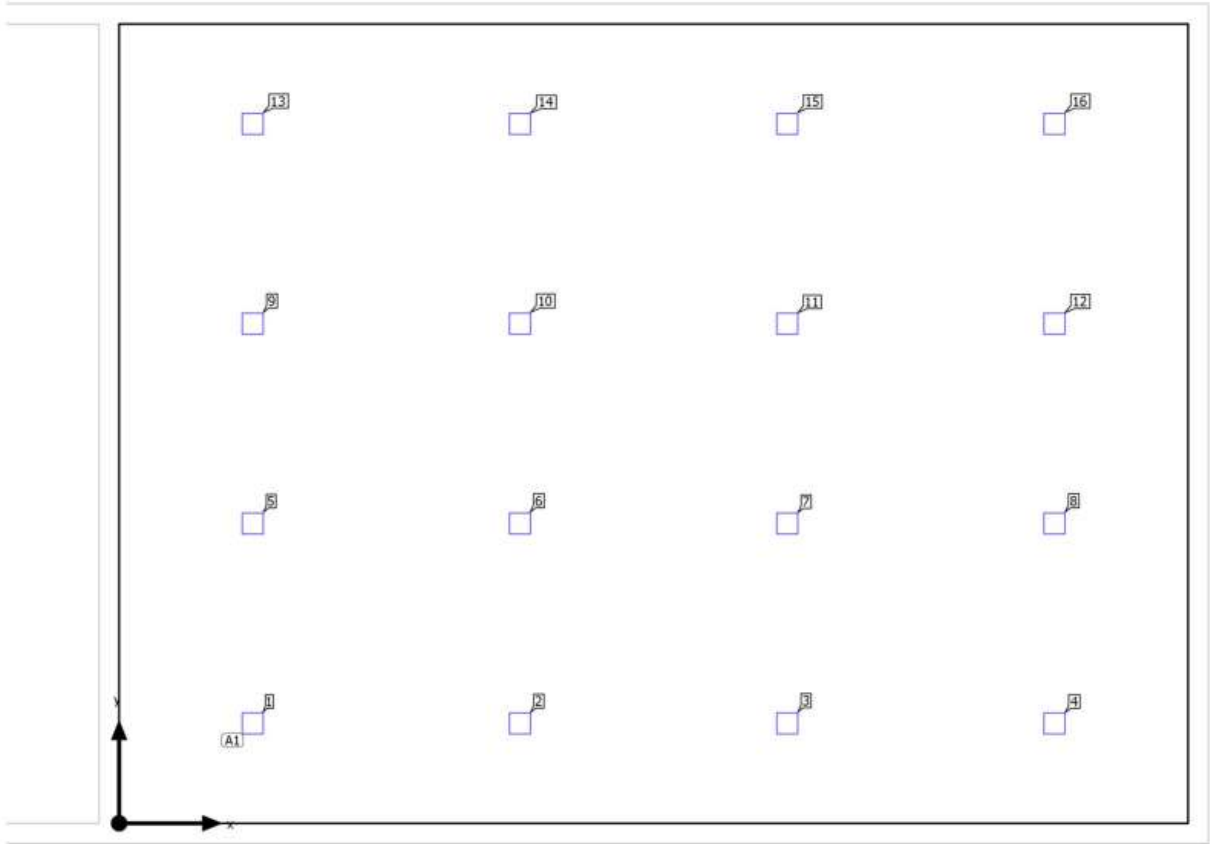
Figura 25 - Pontos de iluminação da Sala de informática.



Fonte: Autoral.



Figura 26 - Disposição das luminárias da Sala de informática.



Fonte: Autoral.

Figura 27 – Coordenadas para posicionamento das luminárias da Sala de informática.

Tipo	Distribuição de campo	X	Y	Altura de montagem	Luminária
1. Luminárias (XY/Z)	0.987 m / 0.738 m / 2.680 m	0.987 m	0.738 m	2.680 m	1
		2.962 m	0.738 m	2.680 m	2
		4.937 m	0.737 m	2.680 m	3
		6.912 m	0.737 m	2.680 m	4
direção X	4 Un., Centro - centro, 1.975 m	0.987 m	2.212 m	2.680 m	5
		2.962 m	2.212 m	2.680 m	6
		4.937 m	2.212 m	2.680 m	7
		6.912 m	2.212 m	2.680 m	8
direção Y	4 Un., Centro - centro, 1.475 m	0.987 m	3.687 m	2.680 m	9
		2.962 m	3.687 m	2.680 m	10
		4.937 m	3.687 m	2.680 m	11
		6.912 m	3.687 m	2.680 m	12
Distribuição	A1	0.987 m	5.162 m	2.680 m	13
		2.962 m	5.162 m	2.680 m	14
		4.937 m	5.162 m	2.680 m	15
		6.912 m	5.162 m	2.680 m	16

Fonte: Autoral.

Figura 28 – Valores de iluminância na Sala de informática.

Níveis de uso

Propriedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano de uso (Sala de informática) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	528 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	263 lx	673 lx	0.50	0.39	WP1

Fonte: Autoral.

Figura 29 – Valor de iluminância mantida mínimo para ambientes de Sala de informática.

Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
-------------------------------	-----	----	----	----------------------------------

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

## 5 Conclusões

Portanto, neste trabalho foi realizado um projeto de iluminação, por meio de dados técnicos, com auxílio da Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e utilização do software DIALux. Esses dados foram retirados da planta baixa, aproveitando as características da Escola Estadual de ensino fundamental e médio Professora Maria Bronzeado Machado situada no município de João Pessoa, onde através dos seus ambientes contidos na área de sua planta baixa, é simulado e apresentado um sistema de iluminação com luminárias em LED.

Entre os pontos positivos e talvez a maior vantagem trazida pela tecnologia citada, a vida útil das luminárias em LED, é bem superior as lâmpadas convencionais ainda utilizadas comumente. Considerando os dados técnicos referentes à iluminação, o LED possui melhor índice de Reprodução de Cores, possibilidade de controle de intensidade luminosa, maior temperatura de cor e maior eficiência. Diante desses dados, pode-se afirmar que o investimento em um novo sistema luminotécnico em LED é uma solução viável para ser utilizada na iluminação de escolas da rede pública de ensino.

A troca de luminárias de tecnologia mais antigas, que já não apresentam a mesma eficácia, e desatendendo as Normas vigentes por luminária com a tecnologia em LED podem proporcionar uma economia de energia com índices de iluminação satisfatórios, proporcionando um ambiente adequado às atividades realizadas para o ambiente escolar, reduzindo problemas oftalmológicos, esforços na visão e fadiga, e colaborando com o aumento na eficiência ao realizar as atividades desempenhadas e proposta.

Deste modo, o estudo realizado atingiu os objetivos propostos, colaborando assim com um projeto de futuras melhorias em ambientes escolares, certificando que o uso do software DIALux é um grande facilitador para simular os ambientes, tornando o projeto mais aproximado possível com o ambiente onde será executado, contribuindo com melhor eficiência na iluminação, e conseguindo atender aos critérios da Norma NBR ISO/CIE 8995-1.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Disponível em: <https://piniweb.com.br/a-importancia-da-iluminacao-nos-ambientes/>. Acesso em: 06/11/2022.

Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/blog/dicas/iluminacao-importancia-poder-do-projeto/>. Acesso em: 12/11/2022.

Disponível em: <https://ultraluz.com.br/boa-iluminacao-nas-escolas-influencia-no-desempenho-dos-alunos/>. Acesso em: 14/11/2022.

Disponível em: <https://itaimlc.com.br/pt/dorah-e-mq/>. Acesso em 14.11/2022.

Disponível em: [https://stella.com.br/blog/diferenca-fluxo-intensidade-eficiencia-luminosa#:~:text=Intensidade%20luminosa%20\(candela%20%3D%20cd\).do%20facho%20da%20fonte%20luminosa](https://stella.com.br/blog/diferenca-fluxo-intensidade-eficiencia-luminosa#:~:text=Intensidade%20luminosa%20(candela%20%3D%20cd).do%20facho%20da%20fonte%20luminosa). Acesso em: 24/11/2022.

Disponível em: <https://www.emporioluz.com.br/blog/dicas/medicoes-de-iluminancia-e-refletancia/>. Acesso em: 06/12/2022.

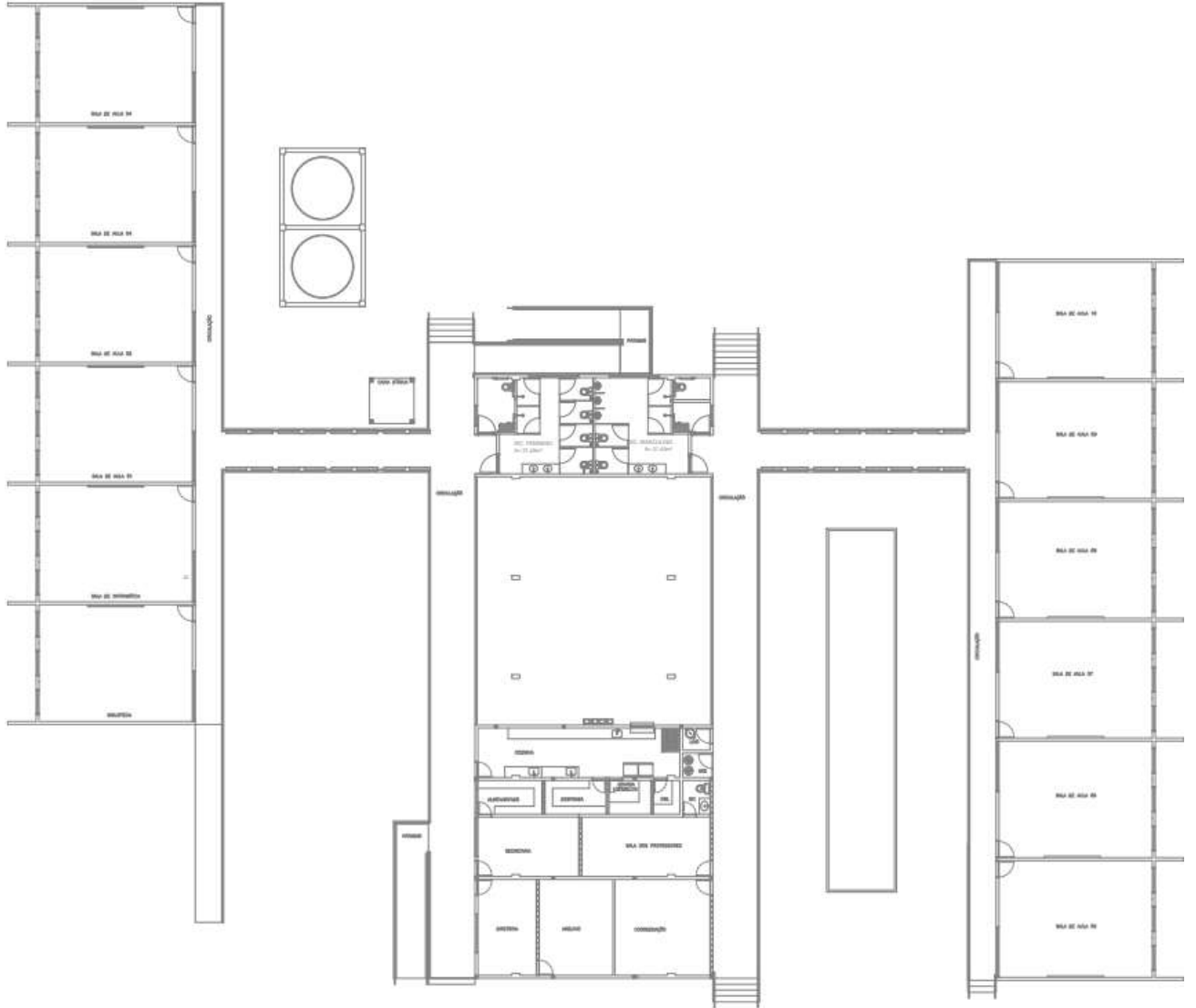
(1) Disponível em: [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsemanaacademica.org.br%2Fsystem%2Ffiles%2Fartigos%2Filuminacao\\_led.pdf&psig=AOvVawOCqM7-J-6mamtlMaC6auYM&ust=1670806345610000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCMCsg4Ct8PsCFQAAAAAdAAAAABAJ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fsemanaacademica.org.br%2Fsystem%2Ffiles%2Fartigos%2Filuminacao_led.pdf&psig=AOvVawOCqM7-J-6mamtlMaC6auYM&ust=1670806345610000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCMCsg4Ct8PsCFQAAAAAdAAAAABAJ). Acesso em: 06/12/2022.

(2) Disponível em: <https://itaimlc.com.br/pt/dorah-e-mq/>. Acesso em: 06/12/2022.

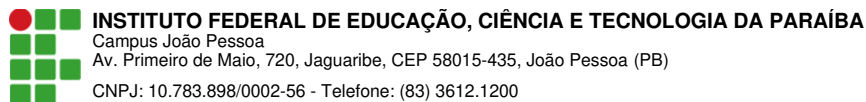
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, p. 46. 2013.

ANEXO I

Planta baixa da EEEFM PROF MARIA BRONZEADO MACHADO.



Fonte: Autoral.



## Documento Digitalizado Restrito

### Trabalho de conclusão de curso

**Assunto:** Trabalho de conclusão de curso  
**Assinado por:** Lucas Trajano  
**Tipo do Documento:** Relatório  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Restrito  
**Hipótese Legal:** Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Alves Trajano, ALUNO (20151610511) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 20/02/2023 19:29:25.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/02/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 752507  
Código de Autenticação: 6639e1387b

