



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MARCOS VINICIUS LEITE DA SILVA

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM UMA ESCOLA DE REFERÊNCIA
EM ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO**

**SUMÉ - PB
2019**

MARCOS VINICIUS LEITE DA SILVA

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM UMA ESCOLA DE REFERÊNCIA EM
ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como parcial requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professora Dr^a Maria Creuza Borges de Araújo.

SUMÉ – PB

2019

S586a Silva, Marcos Vinícius Leite da.
Análise dos níveis de iluminação em uma escola de referência em ensino médio: um estudo de caso. / Marcus Vinícius Leite da Silva. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

71 f.

Orientadora: Professora Dr^a. Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Iluminação em escolas. 2. Projeto luminotécnico. 3. Avaliação da iluminação. 4. Projeto de iluminação. 5. Escola de Referência em Ensino Médio – EREM. 6. Conforto visual e iluminação. 7. Fluxo luminoso. 8. Luminotécnica. I. Araújo, Maria Creza Borges de. II. Título.

CDU: 628.9(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

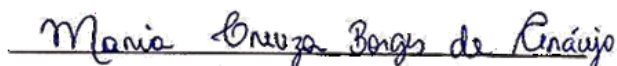
MARCOS VINICIUS LEITE DA SILVA

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM UMA ESCOLA DE REFERÊNCIA EM
ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho aprovado em: 13 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo
Orientadora (UAEP/CDSA/UFCG)



Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva
Examinador I (UATEC/CDSA/UFCG)



Professora Me. Fernanda Raquel Roberto Pereira
Examinador II (UFPE)

Dedico este trabalho ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, por me agraciar com sabedoria e discernimento diariamente nessa longa caminhada, e a meus familiares e amigos por estarem comigo em todos esses momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pois foi com sua permissão que chego até esse momento de minha vida, concedendo-me paz, saúde, provisão e sabedoria em cada momento de minha vida. Ao Senhor: toda honra e glória.

Aos meus pais Mário Severino e Josefa Elieda, por toda educação que me transmitiram, incentivo para estar onde estou e pela confiança. Obrigado pai e mãe.

As minhas tias Eliane, Euridéia, Elaine e Eridan por também estarem presentes em minha vida e acompanharem toda minha trajetória.

A minha namorada Raquel Santana por toda paciência, carinho, amor, oração e direcionamentos ao Senhor. Minha princesa: “... mas do Senhor vem a mulher prudente” – Pv 19.14.

Ao meu grande irmão em Cristo e amigo Samuel Hesley por sua inquestionável contribuição neste trabalho, por sua paciência e ensinamentos em minha caminhada cristã. Meu irmão: “...graça e paz, da parte de Deus Pai e da de nosso Senhor Jesus Cristo” – Gl 1.3.

Os meus amigos irmãos da República Tabajara, Rodrigo Carvalho, Pedro Laet e Samuel Hesley: Sumé nos proporcionou momentos e façanhas incríveis. Do fundo do meu coração, meu muito obrigado.

A Turminha de Sempre, Fabiano Gonçalves, Pedro Vinícius, Guilherme Bomfim, Felipe Alves, Caio Anderson e Adriano Matos: Nunca esquecerei de vocês meus amigos. Toda luta e vitória, sofrimento e alegria serão eternizados. Minha família sumeense. Simplesmente incríveis.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial a minha orientadora Maria Creuza, por me aceitar como seu orientando e acreditar no potencial de meu trabalho. Seus ensinamentos serão bem guardados.

A todos que contribuíram de alguma forma para eu me tornar Engenheiro de Produção: meu muito obrigado.

*“Falou-lhes, pois, Jesus outra vez, dizendo:
Eu sou a luz do mundo; quem me segue não
andarรก em trevas, mas terรก a luz da vida”*

Evangelho de Joรกo 8.12

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem é altamente influenciado por questões do ambiente no qual os alunos estão inseridos, principalmente em situações nas quais se tem um grande período de permanência no local de estudo, como por exemplo em escolas de ensino integral nas quais os alunos passam cerca de 8 horas diárias. Nesse sentido, o ambiente que estão inseridos deve proporcionar condições favoráveis, sendo a iluminação uma das principais questões a serem analisadas. Neste contexto, a Engenharia da Iluminação faz-se presente não só para a criação de uma iluminação adequada para um ambiente, mas também para a avaliação da iluminação de ambientes já construídos. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar os níveis de iluminamento das salas de aula de uma Escola de Referência em Ensino Médio (EREM), localizada na cidade de Sertânia, Pernambuco. Para isso, seguiram-se as diretrizes presentes na Norma de Higiene Ocupacional 11 para determinar a iluminância média das salas durante os períodos da manhã, tarde e noite. Em seguida foram analisados os dados e observou-se que os níveis de iluminamento não estão de acordo com referida norma, já que a maioria das salas possuem valores médios de iluminância 25,17 lux e 195,83 lux, e outras com valores muito elevados que causam ofuscamento nas salas, necessitando, assim, de um novo projeto luminotécnico que venha a solucionar os problemas lumínicos de cada sala. Assim, o software Lumisoft foi utilizado para a elaboração do projeto luminotécnico de cada sala, dimensionada para os valores presentes na NHO 11. Nesse sentido, os projetos desenvolvidos, desde que implementados, conseguem sanar os déficits lumínicos, noturnos e diurnos, das salas estudadas, ficando com iluminâncias médias entre 526,78 lux e 641,49 lux.

Palavras-chave: Ensino Integral. EREM. Iluminação em escolas. Projeto de iluminação.

ABSTRACT

The teaching-learning process is highly influenced by issues of the environment in which students are inserted, especially in situations where they have a long period of study, such as full-time schools where students spend about 8 hours daily. In this sense, the environment that they are inserted must provide favorable conditions and lighting is one of the main issues to be analyzed. In this context, Lighting Engineering is present not only for the creation of adequate lighting for an environment, but also for the evaluation of lighting of already built environments. Thus, the present work aimed to analyze the lighting levels of the classrooms of a High School Reference School (EREM), located in the city of Sertânia, Pernambuco. For this, the guidelines in Occupational Hygiene Standard 11 were followed to determine the average illuminance of the rooms during the morning, afternoon and evening. Then the data were analyzed and it was observed that the illumination levels are not in accordance with that standard, since most rooms have average values of illuminance 25.17 lux and 195.83 lux, and others with very high values that cause glare in the rooms, thus needing a new lighting project that will solve the lighting problems of each room. Thus, the Lumisoft software was used for the elaboration of the luminotechnical project of each room, dimensioned to the values present in NHO 11. In this sense, the developed projects, since implemented, can solve the luminal, night and day deficits of the studied rooms. with average illuminances between 526.78 lux and 641.49 lux.

Keywords: Luminotechnique. EREM. Lighting in schools. Lighting project.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis mínimos de iluminamento	26
Tabela 2 - Especificações das lâmpadas utilizadas na EREMOB	35
Tabela 3 - Especificações das luminárias utilizadas na EREMOB	35
Tabela 4 - Características construtivas de cada sala de aula da EREMOB	37
Tabela 5 - Refletância dos materiais ou cor utilizados nas salas de aula	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Geral.....	12
1.2.2 Específicos.....	12
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Estrutura do trabalho	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Escolas em Tempo Integral em Pernambuco.....	14
2.2 Qualidade da iluminação em escolas	14
2.3 Iluminação e Conforto Visual.....	15
2.4 Norma de Higiene Ocupacional 11 – NHO 11	16
2.5 Critérios para avaliação da iluminação em ambientes internos	16
2.6 Conceitos básicos de luminotécnica	17
2.6.1 Luz.....	17
2.6.2 Iluminância.....	17
2.6.3 Luminância.....	18
2.6.4 Fluxo luminoso.....	19
2.6.5 Temperatura de cor.....	19
2.6.6 Refletância.....	20
2.6.7 Fator de perda de depreciação ou fator de manutenção.....	20
3 METODOLOGIA	22
3.1 Classificação da pesquisa	22
3.2 Etapas do estudo	23
3.3 Coleta e Tratamento dos dados	23
4 RESULTADOS E DISCURSÕES.....	27

4.1 Unidade de análise.....	27
4.2 Salas de aula da EREMOB.....	28
4.3 Níveis de iluminamento das salas da EREMOB.....	31
4.4 Desenvolvimento de projeto luminotécnico no Lumisoft.....	34
4.4.1 Projeto luminotécnico da sala do 1º ano A.....	38
4.4.2 Projeto luminotécnico da sala do 1º ano B.....	40
4.4.3 Projeto luminotécnico da sala do 1º ano C e F.....	42
4.4.4 Projeto luminotécnico da sala do 1º ano D.....	44
4.4.6 Projeto luminotécnico da sala do 2º ano A, B, C e D.....	48
4.4.7 Projeto luminotécnico da sala do 3º ano A, B e C.....	50
4.4.8 Projeto luminotécnico da sala do 3º ano D.....	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES.....	59

1 INTRODUÇÃO

Kowaltowski (2011) aponta que a formação do aluno está ligada não apenas ao material didático e a capacidade de transmissão do conhecimento por meio do professor, mas também do meio (espaço físico) que frequenta. Nesse aspecto, segundo Silva (2014), o projeto arquitetônico para uma instituição de ensino de crianças e jovens tem a capacidade de interferir no processo de ensino-aprendizagem de discentes e docentes. De acordo com Libardi (2017), na concepção de um projeto devem ser considerados vários fatores para que se obtenha êxito ao final, como localização geográfica, finalidade da obra, tarefas a serem realizadas, normas vigentes e legislação.

Silva (2004) afirma ainda que o aprendizado está relacionado a questões ergonômicas como a iluminação, que, se não for adequada, pode acarretar fadiga visual que, a longo prazo, contribui para o desenvolvimento de problemas de visão.

Assim, quando o ambiente a ser construído trata-se de uma escola, o conforto visual é um dos parâmetros que assume maior relevância no projeto. Barrett *et al.* (2015), indicam que o rendimento escolar do aluno pode ser influenciado diretamente pela qualidade dos níveis de iluminação no local de aprendizado.

Por isso, na área da iluminação, a quantidade e qualidade de luz é determinante, seja para a realização de atividades, seja na influência que exerce no estado emocional e no bem-estar das pessoas, pois 85% da percepção humana é composta de informações visuais (LIMA, 2010). Segundo Rodrigues (2002), para que se possa atingir sucesso em qualquer que seja a instalação, há a necessidade de compreender a luz, suas alternativas disponíveis e como manipular sua qualidade e quantidade.

Em consonância com os autores anteriores, Viana (2009) explica que um local/ambiente bem iluminado não significa possuir bastante iluminação, mas sim iluminação na quantidade adequada e com recursos de dinamicidade, já que a iluminação pode influenciar no comportamento dos usuários, estimular a criatividade e sensibilidade (VIANA, 2001). Neste sentido, Silva (2014) afirma que um local com iluminação adequada torna o ambiente confortável e agradável, além de despertar reações dos demais sentidos, sendo fatores esses importantíssimos na área educacional atualmente.

Tendo em vista o exposto, o presente estudo realizou a avaliação a análise quali-quantitativa dos níveis de iluminamento da Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) Olavo Bilac – EREMOB localizada no município de Sertânia-PE e propor um projeto luminotécnico

que venha a melhorar o conforto visual dos que usufruem das instalações locais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Realizar a análise dos níveis de iluminamento das salas de aula da escola, a fim de propor melhorias nas salas de aula.

1.1.2 Específicos

- Especificar as Normas Técnicas adequadas para a análise;
- Realizar medições dos níveis de iluminamento das salas de aula, de acordo com Norma de Higiene Ocupacional 11 (NHO 11);
- Propor um projeto luminotécnico.

1.2 Justificativa

O ambiente em que o aluno frequenta as aulas influencia diretamente no seu aprendizado. Para Lens (2010) e Libard (2017), pouco serve um programa de ensino bem estruturado e possuir professores qualificados se as salas de aula não possuem condições físicas adequadas para receber os alunos. Ainda segundo os autores, a iluminação, seja ela natural ou artificial, merece atenção especial pelas instituições de ensino pois, seu mau uso pode trazer consequências para saúde e bem-estar dos frequentadores deste ambiente, além de prejudicar o rendimento dos alunos.

De acordo com Bertolotti (2007) os principais efeitos na saúde visual dos que frequentam por longo períodos ambientes com iluminação inadequada são olhos vermelhos, visão turva, lacrimejar constante, dificuldade de visão e dor de cabeça. Esses efeitos são temporários mas, se ocorrerem frequentemente podem causar perturbações à saúde e desempenho pessoal.

Assim, apesar de existirem vários trabalhos de análises luminotécnicas e outros que mostram os efeitos da iluminação inadequada na saúde das pessoas, poucos são os que se destinam a estudar o setor educacional. Ainda assim, estes poucos não realizam as avaliações luminotécnicas em todas as salas de aulas das escolas a que estudam, a fim de verificar a existência, ou não, de grandes oscilações nos valores de iluminância ao decorrer do dia e a noite. Além disso, raros são os trabalhos que possuem projetos de correção/melhoria da iluminação destes

locais, com especificações do desenvolvimento do projeto e explicação acerca da implementação do mesmo.

Sendo assim, esta pesquisa tem uma grande contribuição para a comunidade em geral, já que implicará no conforto visual de docentes e, principalmente dos discentes, e para a academia servirá de modelo para trabalhos futuros na área da Engenharia da Iluminação no setor educacional.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em 5 partes. No capítulo 1 é contextualizado o tema a ser estudado, ou seja, mostrar a iluminação como influencia no processo de aprendizagem de estudantes, os objetivos geral e específicos da pesquisa, assim como as possíveis contribuições desta para a comunidade e academia.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, que abrange os principais conceitos acerca de Escolas de Tempo Integral em Pernambuco, Qualidade de Iluminação em Escolas, Conforto Visual e Norma de Higiene Ocupacional 11. O capítulo 3 expõe o detalhamento sobre os materiais e métodos presentes na elaboração deste estudo, expondo a caracterização da pesquisa quanto a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. Em seguida, são mencionadas as etapas da pesquisa e, por fim, explana-se sobre a coleta e tratamento dos dados utilizados.

No capítulo 4 serão apresentados os resultados da pesquisa, com a aplicação da NHO 11 para avaliar os níveis de iluminamento das salas de aula da escola, identificando os pontos de melhoria, e exposto os projetos luminotécnicos para as salas de aula da escola. O capítulo 5 expostas as conclusões deste trabalho, ressaltando os objetivos atingidos e a importância dos resultados.

Por fim, a seção Apêndice destina-se aos dados de coletados em casa sala de aula em cada um dos três períodos estudados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção irá apresentar o levantamento bibliográfico da literatura para o embasamento teórico da pesquisa.

2.1 Escolas em Tempo Integral em Pernambuco

Para Dutra (2013), o Ensino Médio no país é o último degrau para se completar o ciclo da Educação Básica e a partir deste degrau o jovem pode optar por sua entrada no ambiente profissional (mundo do trabalho) ou dar prosseguimento a sua busca por conhecimentos no Ensino Superior.

Durante o primeiro mandato de Eduardo Campos como governador de Pernambuco (2007-2010), o governo do estado traçou metas para suas Secretarias Estaduais. Para a Secretaria de Educação uma das metas era reestruturar o Ensino Médio por meio do Programa de Educação Integral (PEI). Tal meta foi alcançada por meio da Lei Complementar nº 125 de 10 de julho de 2008 (PERNAMBUCO, 2008). A partir de então, Pernambuco começou a ofertar nas Escolas de Referências em Ensino Médio (EREM) e Escolas Técnicas Estaduais (ETE) inovação e tecnologia dentro das salas de aula, tornando, assim, as escolas mais atrativas e fortalecendo o dos estudantes (PERNAMBUCO, 2018).

De acordo com MEC (2017) e Instituto Unibanco (2019), a reestruturação promovida pelo PEI no estado foi focada na melhoria da qualidade do ensino e aumento das matrículas em escolas de Ensino Médio Integral e o resultado dessa política educacional foi que, em 2017, Pernambuco obteve o menor índice de evasão escolar do país e entre os três melhores no ranking do IDEB, além de ser a rede estadual de educação que possui a menor distância no desempenho em Português e Matemática entre alunos de mais alto e mais baixo nível socioeconômico do Brasil.

2.2 Qualidade da iluminação em escolas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 5413, conceitua a luz como sendo uma potência radiante que, ao estimular o nosso olho, promove sensações visuais. Sendo assim, podendo somente enxergar havendo a presença da luz.

É primordial que escolas e instituições de ensino disponham de condições que venham a influenciar a rotina dos seus usuários, principalmente mestres e alunos. Para que uma escola possa ser um ambiente acolhedor e que auxilie no processo de ensino-aprendizagem, segundo

Dias (2011), ela deve propiciar conforto, qualidade, segurança e bem-estar.

Autores como Ferreira e Moretti (2014) e Libardi (2017) atestam que qualidade do aprendizado está intimamente ligada as condições do ambiente das edificações escolares, sendo a iluminação um fator diretamente ligado à produtividade dos professores e alunos em salas de aula.

Para que o mecanismo da visão e o cérebro possam funcionar e desempenhar seu processo de funcionamento é substancial a presença da luz, natural ou artificial. Porém, afirmam Lechner (1991) e Küller e Lindsten (1992), se os níveis de iluminamento escolares forem deficientes, por qualquer que sejam os motivos, poderão implicar em problemas de saúde às pessoas que usufruem do local, interferindo assim na realização de atividades que promovem a aprendizagem dos alunos.

Para Pereira *et al.* (2005) a má utilização da iluminação natural em construções se dá, majoritariamente, ao fato de não se compreender a relação desta com o projeto. É necessário entender o fenômeno da luz natural na saúde humana (NAZZAL, 2005; KIM & KIM, 2010; CARLUCCI *et al.*, 2015) e dá sua devida importância em projetos de reformas ou novas construções.

2.3 Iluminação e Conforto Visual

Para Graça *et al.* (2007), quando a questão do conforto visual é levantada, a iluminação vem em seguida, já que é um fator determinante, mas não único, para a conquista um ambiente de aprendizado mais adequado, em razão dela atingir diretamente na clareza das informações. De acordo com Moraes (2013) e Claro (2013), a maneira como o conjunto fotométrico (luminárias e lâmpadas) são distribuídas no ambiente deve propiciar, além de economia de eletricidade, o conforto ambiental de que o utiliza.

Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997), uma iluminação satisfatória deve possuir um direcionamento apropriado sobre o posto de trabalho, além de promover uma boa distinção de cores e evitar ofuscamento. Boyce (2010) ressalta que a luz é substancial para o sistema visual poder operar, contudo se ela for oferecida de forma ineficiente, pode causar danos à saúde.

A preocupação com relação com um projeto luminotécnico remota a mais de meio século, com estudos que direcionavam tal assunto. Hopkinson *et al.* (1966), por exemplo, adverte que para determinar a iluminação de qualquer que seja o ambiente de maneira eficaz deve-se, primeiramente, definir as características das atividades visuais que serão desempenhadas em cada local para, em seguida, relacionar tais informações com parâmetros experimentais básicos sobre qualidade visual, de brilho e contraste.

Em consonância com os autores citados anteriormente, conforto visual é a junção de condições para que, em dado ambiente, o ser humano consiga efetuar suas tarefas visuais com a maior precisão possível, provocando o menor cansaço e dano à visão e diminuindo eventuais acidentes.

Lens (2010) declara ser difícil a escolha dos tipos de iluminação para um ambiente, visto que as preferências em relação à iluminação por quem usufruirá do local é diferente de pessoa para pessoa, além idade e sexo da pessoa influenciar na escolha, bem como os horários de expediente e atividades a serem executadas.

2.4 Norma de Higiene Ocupacional 11 – NHO 11

A FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, realiza estudos e pesquisas, desde a década de 1960, das condições dos ambientes de trabalho relacionadas à segurança, higiene, meio ambiente e medicina do trabalho (FUNDACENTRO, 2013). Ela é a responsável pela elaboração das Normas de Higiene Ocupacionais (NHOs) que o Ministério do Trabalho (MTb) adota para a elaboração das Normas Regulamentadoras (NRs).

A NHO 11 (2018) tem por objetivo designar os critérios e procedimentos para a realização da avaliação quali-quantitativa dos níveis de iluminamento em ambientes internos, bem como mostrar os fatores que prejudicam a qualidade da iluminação.

Havia a necessidade de atualização nas formas de mensurar a qualidade da iluminação dos ambientes internos, pois as referências da Norma de Higiene do Trabalho 10-I/E de 1986, já estavam obsoletas, deixando de lado fatores importantes como qualidade técnica das lâmpadas.

A forma que a referida norma foi revisada torna possível a identificação e melhoria dos aspectos quali-quantitativos relativos à iluminação interna dos postos de trabalho, tanto é que, por meio da Portaria MTb n.º 876 de 24 de outubro de 2018, o item 17.5.3.3 da Norma Regulamentadora 17 (NR 17) estabelece os métodos de medição e os níveis mínimos de iluminamento os da NHO 11.

2.5 Critérios para avaliação da iluminação em ambientes internos

Seguindo a NHO 11 (2018), norma brasileira mais atual ao que tange a questões de iluminação, recomenda-se realizar medições ponto a ponto nos locais onde são realizadas as atividades e, posteriormente, comparar os valores obtidos com os valores mínimos exigidos no

Quadro 1 da norma para a realização de tal atividade.

Para obter-se a iluminação média do ambiente de trabalho, o avaliador deverá seguir os métodos estabelecidos no Anexo 1 da NHO 11 de acordo com a distribuição de luminárias do local.

Quando a atividade do local estudado não estiver prescrita na norma, o avaliador deve usar de associação de tarefas contidas no Quadro 1 da norma para obter-se o valor de iluminância mínima aceitável.

Em locais onde as tarefas são executadas de forma contínua ao longo do dia, a Norma de Higiene Ocupacional 11, de forma taxativa, não permite níveis de iluminamento abaixo de 200 lux.

2.6 Conceitos básicos de luminotécnica

Nesse tópico serão abordados alguns conceitos básicos da engenharia da iluminação que devem ser levados em consideração no decorrer do desenvolvimento de um projeto luminotécnico.

2.6.1 Luz

De acordo com Creder (2007), luz é uma forma de radiação eletromagnética e sua propagação pode ser descrita como um movimento ondulatório, causando um estímulo ao olho humano. Já para Ramos (2016) é a emissão ou transporte de energia em forma de ondas eletromagnéticas com associação de fótons.

2.6.2 Iluminância

Conforme a NHO 11 (2018), a Iluminância pode ser definida como sendo a razão entre o fluxo luminoso e a área da superfície. Ramos (2016) a define como sendo a quantidade de lúmens por metro quadrado recebido. A fórmula matemática para quantificar a iluminância é:

$$E = \frac{\varphi}{A}$$

Onde:

E: Iluminância, sendo sua unidade lux;

φ : Fluxo luminoso, sendo sua unidade em luméns;

A: Área, sendo sua unidade em m²

Figura 1- Iluminância em um posto de trabalho



Fonte: Ramos (2016)

2.6.3 Luminância

Lens (2010) conceitua a Luminância como a reflexão da luz em uma superfície sendo percebida pelo o olho humano e causando uma sensação de claridade. A quantificação da luminância é dada pela seguinte expressão matemática:

$$L = \frac{I}{A \times \cos \alpha}$$

Onde:

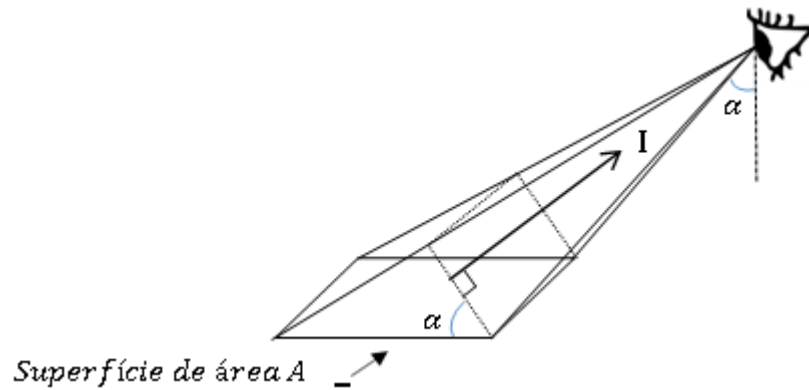
L: luminância, em candela / metro quadrado (cd/m²);

I: Intensidade luminosa (cd);

A: Área da superfície, em m²;

α: ângulo considerado, em graus.

Figura 2 - Projeção da área iluminada

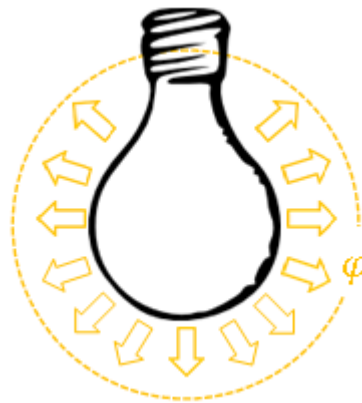


Fonte: Ramos (2016)

2.6.4 Fluxo Luminoso

Conforme Lens (2010) essa grandeza fotométrica exprime a quantidade de luz emitida por uma fonte, a cada segundo, em todas as direções. Sua unidade de medida é lúmen (lm).

Figura 3 - Fluxo luminoso que se propaga em todas as direções



Fonte: Ramos (2016)

2.6.5 Temperatura de cor

A temperatura de cor é a grandeza relacionada com a aparência da cor de uma luz, representada em Kelvin (K) (LENS, 2010; RAMOS, 2016). Quando falamos em luzes quentes ou frias, estamos nos referindo a tonalidade de cor fornecida ao ambiente (DIAS, 2018). Cores quentes são aquelas com tonalidades avermelhadas ou amareladas, como o nascer e pôr do sol. Já as cores frias são aquelas azuladas, como a do meio dia.

Quadro 1- Aparência da cor e temperatura de cor

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

Fonte: NHO 11 (2018)

2.6.6 Refletância

De acordo com Ramos (2016) uma fonte ao emitir luz sobre um objeto tem parte de seu fluxo luminoso absorvido por este objeto, outra parte é refratada e o restante é refletido de volta para o observador. A razão entre o a quantidade de luz refletida pelo objeto e a quantidade de luz incidente é chamada de refletância. Hopkinson (1975), de maneira simples e clara, conceitua refletância como sendo o poder refletor de uma superfície em porcentagem.

A expressão matemática para se calcular a refletância de um objeto é a seguinte:

$$\rho = \frac{\varphi_r}{\varphi_i}$$

Onde:

ρ : Refletância

φ_r : Fluxo luminoso refletido

φ_i : Fluxo luminoso incidente

2.6.7 Fator de perda, fator de depreciação ou fator de manutenção

Conforme Osram (2007), com o passar do tempo, é normal que todo sistema de iluminação diminua seus níveis de iluminância. Unicamp (2015) argumenta que esta diminuição/perda é proveniente da depreciação gradual do fluxo luminoso da lâmpada, com o acúmulo de poeira sobre as lâmpadas e luminárias e redução da refletância das paredes e do teto em decorrência de seu escurecimento progressivo. Nesse contexto, para realizar o cálculo da quantidade de luminárias para um ambiente, é necessário estimar essa perda e compensá-la, por isso utiliza-se o fator de depreciação a fim de que seja evitado que o ambiente tenha níveis de iluminação abaixo do recomendado (LUMINOTÉCNICA, 2017). As literaturas costumam utilizar o fator de perda relacionando-o com a situação de limpeza do ambiente e do sistema de iluminação, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Fator de perda de iluminação

Situação do ambiente	Fator de perda
Limpo	0,80 a 0,90
Médio	0,61 a 0,79
Sujo	0,50 a 0,60

Fonte: Adaptado Osram (2007), Unicamp (2015) e Luminotécnica (2017)

Ambientes com depreciação de 10% são considerados com boa manutenção/limpeza, sendo seu fator de perda igual a 0,9. Já ambientes com depreciação de 40% são considerados com manutenção crítica, dado origem a fator de depreciação igual a 0,6 (OSRAM, 2007).

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve as premissas metodológicas empregadas para o desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, inicialmente é apresentada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Em seguida é definido o universo do estudo e os materiais e métodos utilizados para a coleta e análise dos dados. Em seguida são definidas as etapas para a realização do trabalho e os procedimentos para a coleta e tratamento de dados.

3.1 Classificação da pesquisa

Quanto à abordagem, o presente trabalho é classificado como sendo de natureza quantitativo e qualitativo. Para Terence e Escrivão Filho (2006), a pesquisa quantitativa objetiva mensurar a quantidade, frequência e/ou intensidade e verificar as relações existentes entre as variáveis distintas, enquanto a pesquisa qualitativa busca esclarecer acontecimentos usando conceitos em desenvolvimento ou já existentes.

Por possibilitar maior entendimento acerca de uma problemática, tornando mais compreensível, Gil (2010) caracteriza este tipo de trabalho quanto aos objetivos como sendo pesquisa exploratória. Caneppele (2012) diz que quanto maior a investigação acerca do tema escolhido para a pesquisa, há a facilidade para torná-lo mais entendível não só para si como também para outros.

Levando-se em consideração os procedimentos técnicos utilizados, o trabalho constitui-se como pesquisa bibliográfica, conforme Vergara (2000), já que foi idealizado com base em matérias já formados, como normas técnicas, monografias, teses e artigos científicos, possuindo grande relevância para a sondagem dos dados básicos ligados ao assunto. Na pesquisa houve consulta bibliográfica na Norma de Higiene Ocupacional 11 (NHO 11) conferida pela Fundação Jorge Duprat e Figueiredo de Medicina e Segurança do Trabalho – Fundacentro.

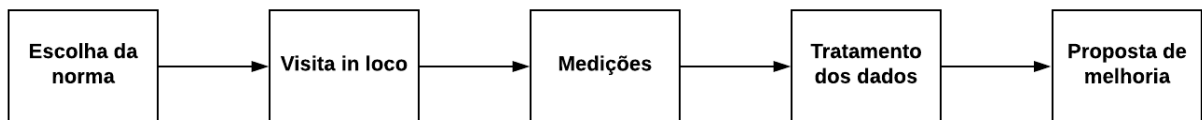
Além disso, é um estudo de caso, já que, proporciona certa vivência da realidade, tendo por base a discussão, a apreciação e a procura de solução de um determinado problema relacionado a vida real (GIL, 2008), sendo uma estratégia metodológica de extenso uso, quando se pretende achar respostas às questões ‘como’ e ‘por que’ determinadas situações ou fenômenos acontecem (CANEPPELE, 2012).

Por último, em relação à natureza, o trabalho é classificado como sendo aplicada, já que visa solucionar problemas concretos objetivando, portanto, uma finalidade prática (VERGARA, 1998).

3.2 Etapas do estudo

As etapas da pesquisa são expostas na Figura 4. Primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico através de livros, artigos, periódicos e revistas científicas para um entendimento mais detalhado do tema. Com isso, a escolha da Norma de Higiene Ocupacional 11 (NHO 11) para este estudo deu-se por ser a mais atualizada do país para fins de avaliação dos níveis de iluminação em ambientes fechados. Além disso, a referida norma possui embasamento em métodos e técnicas internacionais, como da British Standards Institution (BSI).

Figura 4 - Fluxograma das etapas da pesquisa



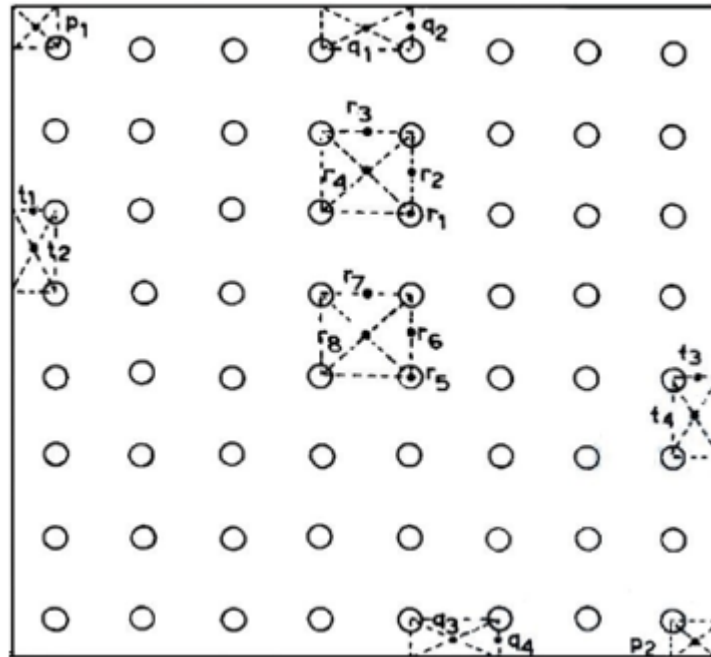
Fonte: Autoria própria (2019)

O próximo passo foi a realização de visitas *in loco* à escola para levantamento das características das salas de aula, além de realizar as marcações dos locais de medições dos níveis lumínicos. Posteriormente, foram realizadas as medições para avaliação da iluminação do local. Os valores obtidos foram analisados e, por fim, foi sugerida proposta de melhoria.

3.3 Coleta e Tratamento dos dados

As salas de aulas por possuírem formatos retangulares e seis luminárias no teto (cada luminária com 2 lâmpadas) espaçadas em três fileiras, utilizou-se os direcionamentos presentes no primeiro tópico do Anexo 1 da NHO 11 para determinação da iluminância média. Esse tópico indica os locais onde serão realizadas as medições, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Localização dos pontos de medições nas salas de aula



Fonte: NHO 11 (2018)

No período da manhã, as medições foram realizadas entre as 7 horas e 10 horas. Já no período da tarde as medições foram efetuadas entre 13 horas e 16 horas. Por fim a noite as medições deram-se entre as 19 horas e 21 horas.

As medições foram realizadas utilizando o equipamento Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital da marca Lutron, modelo TM-8000 (Figura 6), disponível no Laboratório de Engenharia do Trabalho do CDSA/UFCG. Estas medições foram realizadas nos períodos da manhã, tarde e noite, já que a norma estabelece valores diferentes para períodos diurnos e noturnos.

Figura 6 - Equipamento utilizado para efetuar as medições



Fonte: Extra (2019)

Antes de realizar as medições, o luxímetro foi deixado 5 minutos parado em um local da sala para que a fotocélula estabilizasse com a iluminação do local. Em cada sala de aula foram realizadas 18 medições, a uma altura de 0,80cm de altura do chão, altura esta correspondente as carteiras dos alunos (de acordo com a NHO 11, caracterizado como o posto de trabalho dos estudantes). Os avaliadores não estavam com roupas demasiadamente claras ou escuras nem causar sombra no aparelho medidor para que não houvesse interferência nas leituras. As cortinas das janelas foram fechadas para que o local fosse iluminado o máximo possível pelas fontes de luz artificial.

Na região central de cada sala foram efetuadas as medições nos pontos de r1 a r8, conforme a figura anterior, e em seguida calculada a média aritmética das medições (R). O próximo passo foi efetuar as medições nos pontos q1 a q4 e calcular suas respectivas médias aritméticas (Q). A terceira fase de medições foi dos pontos t1 a t4 e calculadas a média aritmética das quatro leituras do luxímetro (T). Por fim, foram efetuadas as medições em dois cantos opostos da sala de aula (p1 e p2), sendo em seguida calculada a média aritmética dos pontos (P).

Após realizar todas as medições, os valores dos pontos foram tratados no MS Excel a fim de se obter a iluminância média de sala de aula. Usou-se a seguinte equação, presente na seção 1.5 do anexo 1 da NHO 11:

$$I_m = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

Sendo:

R, Q, T, P = médias amostrais de todos os pontos medidos

N = quantidade de luminárias por fila

M = número de filas

As salas de aula estudadas possuem 3 filas, cada fila com 2 luminárias. Em cada sala foram realizadas 54 medições, sendo 18 para cada período do dia (manhã, tarde e noite) para analisar as variações da iluminação durante o dia e, à noite, verificar o desempenho somente da iluminação artificial. Ao todo obteve-se 810 medidas de iluminância que são encontradas na seção Apêndice deste trabalho.

Por fim, após o tratamento dos dados, foram avaliados os resultados obtidos e comparados com os valores recomendados na NHO 11 para as salas de aula. Os valores mínimos de iluminação presentes na NHO 11 são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Níveis mínimos de iluminamento

Tipo de ambiente	<i>E</i> (lux)
Salas de aula	300
Salas de aula noturnas	500

Fonte: Adaptado NHO 11 (2018)

A iluminância medida ponto a ponto na área da tarefa não deve ser inferior a 70% da iluminância média determinada conforme o Anexo 1 da mesma norma. Sendo assim, para salas de aula no período diurno, aos valores ponto a ponto não deve ser inferior a 210 lux. Já para as salas do período noturno, não se pode tais valores não devem ser inferiores a 350 lux. Essa regra é válida também para a iluminância média final.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1 Unidade de análise

A Escola de Referência em Ensino Médio Olavo Bilac (EREMOB) está localizada à Avenida Agamenon Magalhães, 703, Centro da cidade de Sertânia-PE, no Sertão do Moxotó, a 315 km da capital do estado.

Foi construída no ano de 1949 e seu nome é em homenagem ao jornalista, cronista e poeta brasileiro Olavo Brás Martins dos Guimarães Bilac. Em 21 de janeiro de 2009, através do decreto nº 32.961 publicado no Diário Oficial do Estado de Pernambuco, passou a fazer parte das Escolas de Referência em Ensino Médio, em com regime integral (PERNAMBUCO, 2009).

Foto 1 - EREMOB



Fonte: Autoria própria (2019)

A EREMOB atende a estudantes de sítios, povoados, distritos e da sede do próprio município, sendo que no ano letivo de 2019 possui 654 estudantes matriculados (SIEPE, 2019), distribuídos em 15 das 18 salas de aula no prédio, sendo 6 turmas de 1º Ano, 5 turmas de 2º Ano e 4 turmas de 3º Ano.

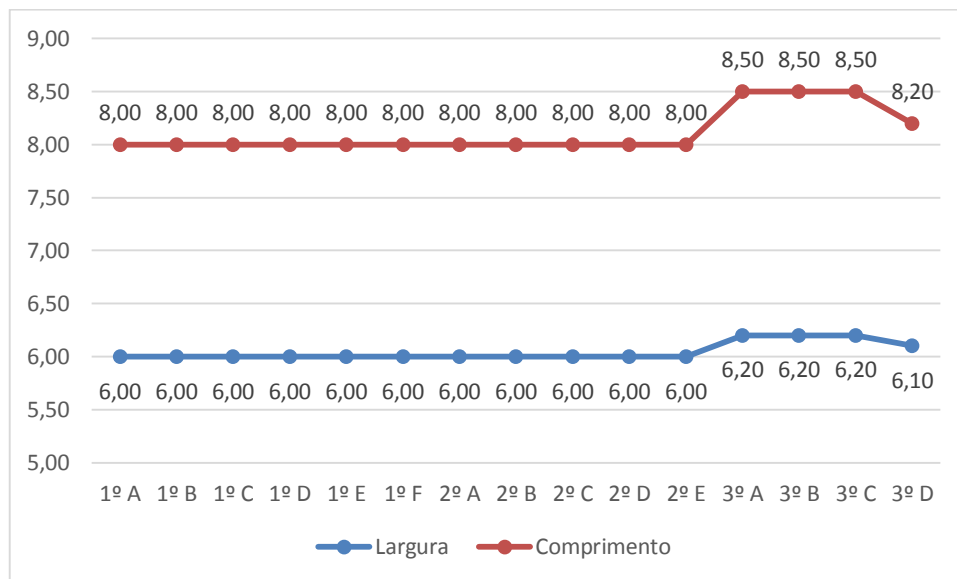
O motivo da escolha da EREMOB para o referido estudo dá-se por ser a escola com o maior quantitativo de alunos matriculados no ensino médio do município (SIEPE, 2019).

4.2 Salas de aula da EREMOB

O prédio da EREMOB é composto por 18 salas de aulas em padrões arquitetônicos comuns para as demais EREM do estado: cores de azulejos, teto, piso e paredes, como pode ser visto nas Figuras 10, 11 e 12. A distribuição do conjunto fotométrico (calha e lâmpadas) são idênticos em todas as salas: 3 fileiras com 2 calhas por fileiras, sendo cada calha com 2 lâmpadas.

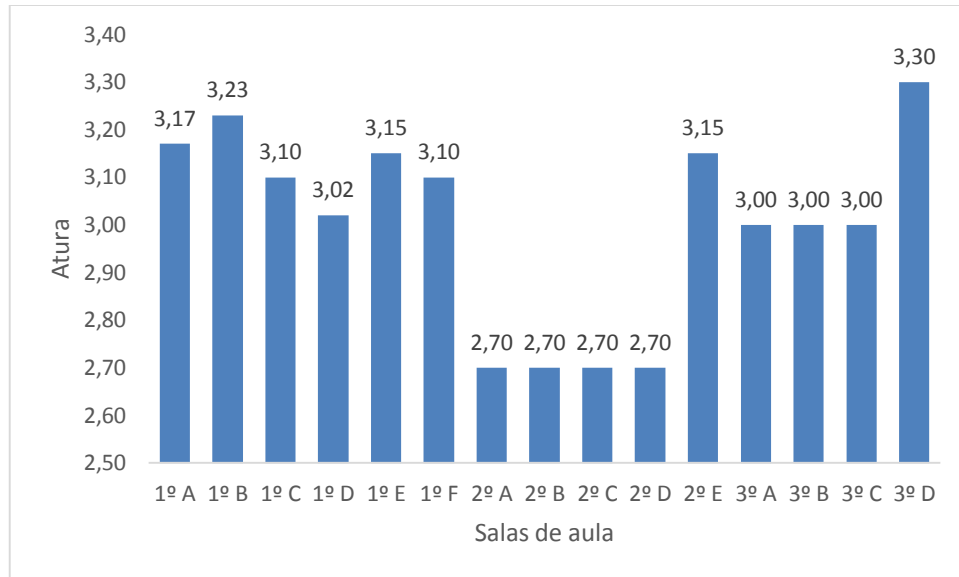
Apesar das salas possuírem *design* semelhantes, 4 das 15 salas de aulas usadas neste período letivo possuem comprimento e largura diferentes das outras, como pode ser observado na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Comprimento e largura das salas da EREMOB



Fonte: Autoria própria (2019)

Quando analisadas as alturas das salas de aula, não se encontra um padrão comum entre todas as salas de aula, havendo uma amplitude de 0,60 cm entre a sala de aula com pé direito mais baixo e a com o pé direito mais elevado, como é observado na Gráfico 2.

Gráfico 2 - Altura das salas de aula da EREMOB

Fonte: Autoria própria (2019)

Há de se destacar que as salas do 3º A, 3º B e 3º C são situadas térreo e possuem teto com laje plana, servindo de suporte para as salas superiores, pintadas com tinta branca, sendo esta a causa de possuírem alturas idênticas, como pode ser notado na Foto 2.

Foto 2 - Sala da aula com teto em laje pintada de branco

Fonte: Autoria própria (2019)

Já as salas do 2º A, 2º B, 2º C e 2º D, ficam no primeiro pavimento acima dos 3º A, B e C, possuem lajes inclinadas pintadas com tinta branca, como observadas na Foto 3. Essa laje

inclinada possui pé esquerdo (altura menor entre o piso e o teto) de 2,70m e pé direito (distância maior entre o piso e o teto) de 4,50m.

Foto 3 - Sala da aula com teto em laje inclinada



Fonte: Autoria própria (2019)

As demais salas, cujo comprimento e largura são praticamente idênticos, porém, todas as alturas distintas, possuem forros de PVC no teto. Isto pode ser observado na Foto 4.

Foto 4 - Sala da aula com forro PVC no teto



Fonte: Autoria própria (2019)

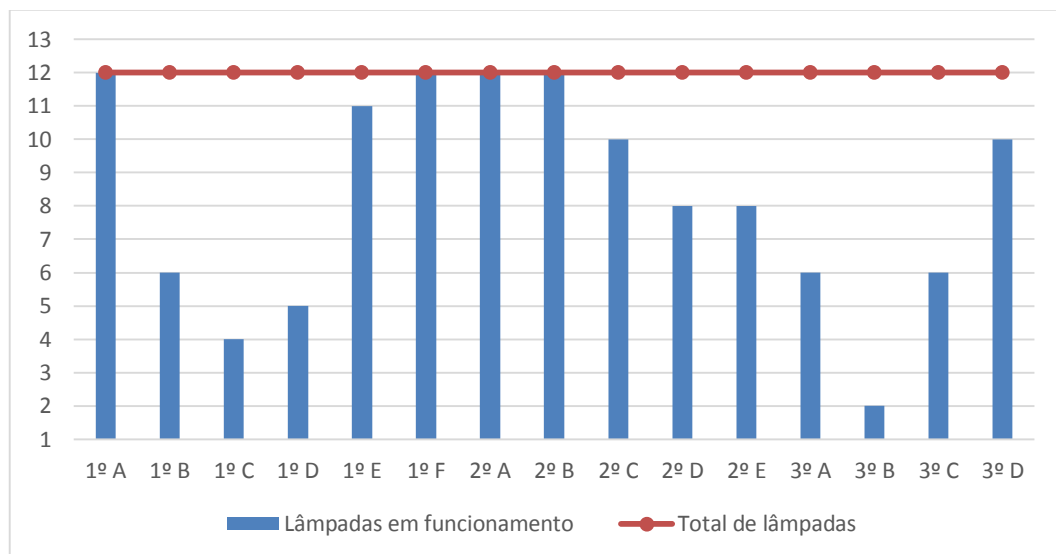
Essas diferenças construtivas de altura, comprimento, largura, e tipo de forração do teto (laje pintada ou forro de PVC) interferem na qualidade da iluminação de cada sala de aula, tendo em vista que cada uma deve possuir seu projeto luminotécnico baseado, pelo menos, nestes parâmetros.

4.3 Níveis de iluminação das salas da EREMOB

Nessa seção do trabalho serão apresentados os resultados das medições e iluminância média de cada sala de aula nos períodos da manhã, tarde e noite. Na Tabela 1, temos os níveis de iluminação mínimos estabelecidos pela NHO 11 e que servirão para avaliar as salas de aula da escola.

Cada sala possui um total de 6 luminárias com 2 lâmpadas em cada calha, totalizando 12 lâmpadas por sala. Porém, no momento em que este trabalho estava sendo executado, existiam salas com déficit de lâmpadas em funcionamento, como pode ser observado no Gráfico 3.

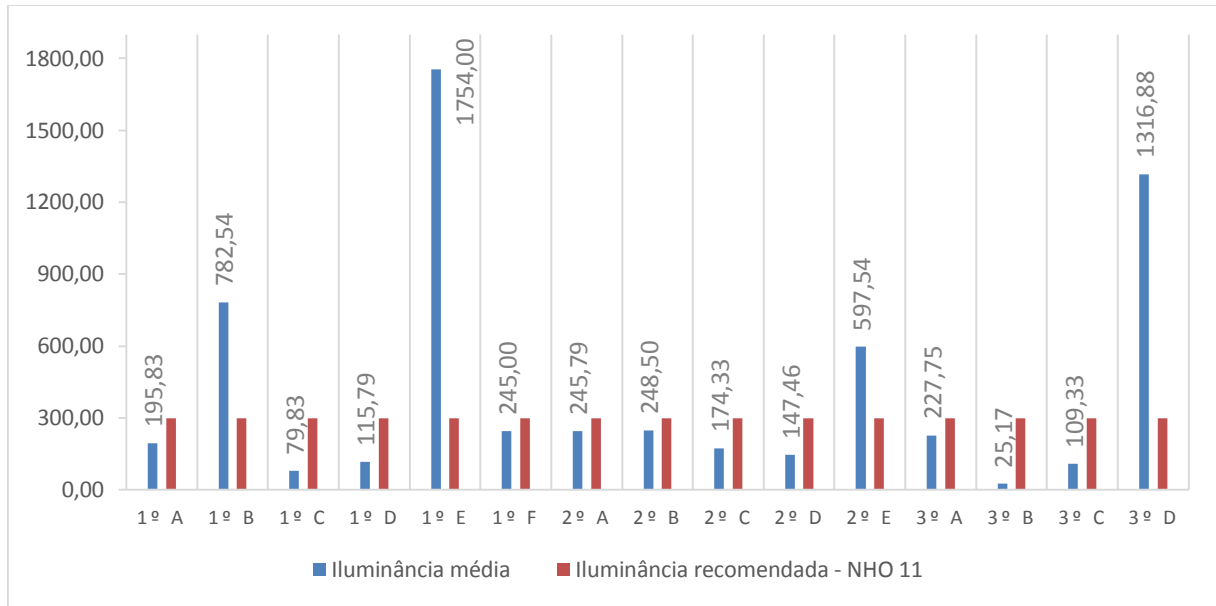
Gráfico 3 - Quantidade de lâmpadas em funcionamento nas salas de aula



Fonte: Autoria própria (2019)

4.3.1 Níveis de iluminância no período da manhã

No Gráfico 4 pode ser observado os valores das iluminâncias das 15 salas de aula avaliadas no período da manhã. Durante este período da manhã, o sol incide diretamente nas laterais das salas do 1º A, 1º B, 1º E, 2º E e 3º D.

Gráfico 4 - Níveis de iluminação das salas de aula no período da manhã

Fonte: Autoria Própria (2019)

As cortinas das salas foram fechadas durante a realização das medições para que a luz solar não interferisse nos valores. Porém, somente as cortinas da sala do 1º A conseguiram barrar de forma eficaz a luz do sol, sendo esta sala a única dentre as 5, que a iluminação foi exclusivamente proveniente das luminárias. Com isso, os valores das iluminâncias das demais salas sofreram influência da luz solar.

O valor da iluminância média na sala do 2º E está 199,18% acima do mínimo exigido pela NHO 11 e, conforme observado no Apêndice 31, obteve uma distribuição lumínica satisfatória.. O 1º B está 260,85% acima do mínimo exigido, o 3º D com 438,96% acima, 1º E com 584,67% acima do mínimo recomendado. Estes valores acima de 700 lux podem causar ofuscamento nos usuários das salas além de causar dores de cabeça e irritação dos olhos.

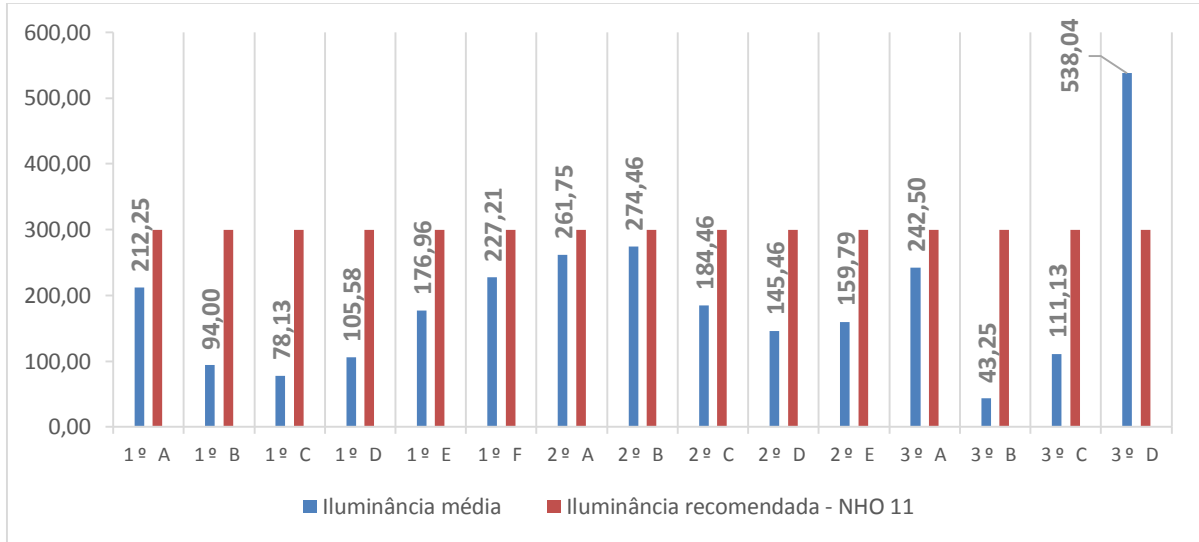
Porém, a sala do 1ª A ficou com sua iluminância média 34,72% abaixo do recomendado. As demais salas de aula, que não recebem incidência direta da luz solar, assim como a sala do 1º A, também ficaram abaixo dos 300 lux de iluminância, com destaque especial para as do 3º B, 1º C e 1º D. Estas, de acordo com a figura 13, são as que possuem o maior déficit de lâmpadas dentre as 15 salas estudadas.

4.3.2 Níveis de iluminância no período da tarde

No Gráfico 5 é mostrado as iluminâncias médias das salas de aula estudadas no período da tarde. As salas do 1º C, 1º D e 1º F recebem diretamente os raios solares nas janelas no

período da tarde, porém a incidência da luz solar é atenuada pelas cortinas presentes, que cobriam toda a área das janelas. As cortinas das demais salas também foram fechadas para que se realizasse as medições, a fim de não haver influência externa nos valores obtidos.

Gráfico 5 - Níveis de iluminamento das salas de aula no período da tarde

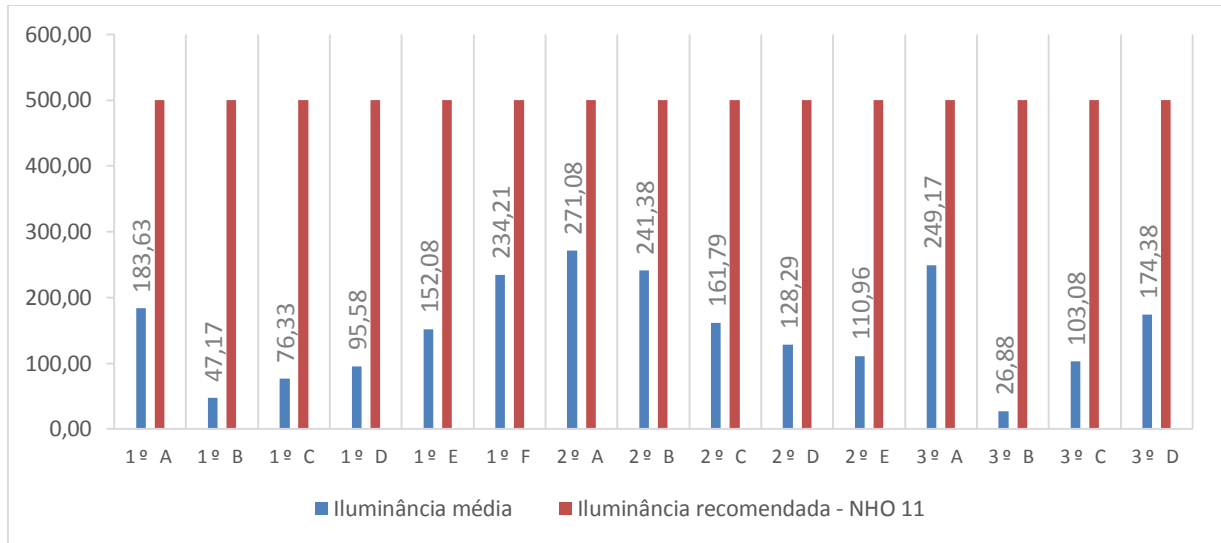


Fonte: Autoria Própria (2019)

Ao analisar o gráfico anterior, notamos que 14 das 15 salas possuem iluminância média abaixo da média, sendo as salas do 3º B, 1º C e 1º B as que possuem níveis mais críticos, ficando 85,58%, 73,96% e 68,67%, respectivamente, abaixo do mínimo recomendado. A sala do 3º D é a única que obteve iluminância média acima do exigido pela Norma de Higiene Ocupacional 11. O horário em que as medições pontuais nesta sala foram realizadas coincide com o momento em que os raios solares incidem em pequenas janelas que não possuem cortinas, causando interferência externa na iluminância média observadas no Apêndice 44, onde nos pontos t2 e t4 obtiveram, respectivamente, o menor e o maior valores de iluminância da sala, evidenciando a influência da luz externa na sala.

4.3.3 Níveis de iluminância no período da noite

O Gráfico 6 apresenta os valores de iluminância média obtidos no período noturno. Nesta etapa do trabalho não há influência de fontes externas de iluminação, onde pode-se observar a capacidade das luminárias de iluminar as salas de aulas e ver se atendem ou não o mínimo necessário.

Gráfico 6 - Níveis de iluminamento das salas de aula no período da noite

Fonte: Autoria Própria (2019)

Diferentemente dos períodos da manhã e tarde, nenhuma sala conseguiu atingir o nível mínimo de iluminância exigido pela norma que é de 500 lux para salas de aula noturnas (Tabela 1). Por conta da baixa quantidade de lâmpadas em funcionamento, as salas do 3º B, 1º B e 1º C possuem apenas 5,37%, 9,43% e 15,27%, respectivamente, do exigido pela NHO 11.

Como observado, a iluminação nas salas da EREMOB, de forma geral, está inadequada onde é alta a probabilidade dos alunos e professores sofrerem de estresse, dores nos olhos, fadiga, déficit de atenção, indisposição, entre outras consequências devido à má iluminação das salas.

Assim, faz-se necessário a elaboração de projeto luminotécnico para que as salas de aula possam oferecer valores lumínicos mínimos para os usuários e venha a aumentar o conforto ambiental do recito.

4.4 Desenvolvimento de projeto luminotécnico no Lumisoft

Ao elaborar um projeto luminotécnico para ambientes internos especiais, como salas de aula, deve-se levar em conta vários parâmetros para que, ao fim do mesmo, este seja compatível com o ambiente, proporcionando conforto visual e eficiente rendimento luminoso.

Para a realização do projeto de iluminação das salas de aula da EREMOB, foi utilizando o software Lumisoft, versão 2008, desenvolvido pela Lumicenter. Ele é recomendado para a elaboração de cálculos luminotécnicos de ambientes internos e, ao final da elaboração do projeto, o software gera um relatório contendo as características do projeto, como: tomografia,

descritivo técnico das luminárias, iluminância, dentre outras informações.

Para a elaboração do projeto utilizando o Lumisoft, requer-se informações referentes ao tipo de luminária, lâmpada, dimensões (largura, comprimento e altura) e refletâncias (teto, parede e piso) das salas estudadas, tipo de forro, parâmetros onde serão instaladas as luminárias e iluminância desejada. Durante as visitas à EREMOB para realização das medições dos níveis de iluminação atual, tais informações foram levantadas.

As luminárias e lâmpadas utilizadas nas salas de aula são do mesmo modelo, como observado na figura 7. As especificações delas são verificadas nas tabelas 2 e 3.

Figura 7 - Luminária e lâmpadas utilizadas na EREMOB



Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 2 - Especificações das lâmpadas utilizadas na EREMOB

Modelo	T10
Tipo	Fluorescente tubular
Potência	40W
Alimentação	220V
Fluxo luminoso	2.700 lúmens
Temperatura de cor	5.000K
Índice de reprodução de cor	70Ra
Tamanho (diâmetro x comprimento)	38mm x 1.214mm
Peso	230g

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao selecionar no software o modelo da luminária em questão, o banco de dados fornece para esta um fluxo luminoso de 4.700 lúmens para as lâmpadas. Sabendo que o valor do fluxo

luminoso de cada lâmpada usada na EREMOB é de 2.700 lúmens (Tabela 2), e que em cada luminária utiliza-se 2 lâmpadas, o valor que será utilizado no cálculo será de 5.400 lúmens.

Tabela 3 - Especificações das luminárias utilizadas na EREMOB

Modelo	CCN14-S232
Tipo	Luminária de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente.
Fator de perda	0,85

Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 4 apresenta as características construtivas de cada sala: dimensões, características do piso, teto e parede.

Tabela 4 - Características construtivas de cada sala de aula da EREMOB

Sala	Largura (metros)	Comprimento (metros)	Altura (metros)	Teto	Piso (material)	Parede (cor)
1° A	6,00	8,00	3,17	Forro PVC	Granito	Bege
1° B	6,00	8,00	3,23	Forro PVC	Granito	Bege
1° C	6,00	8,00	3,10	Forro PVC	Granito	Bege
1° D	6,00	8,00	3,02	Forro PVC	Granito	Bege
1° E	6,00	8,00	3,15	Forro PVC	Granito	Bege
1° F	6,00	8,00	3,10	Forro PVC	Granito	Bege
2° A	6,00	8,00	2,70	Laje branca	Granito	Bege
2° B	6,00	8,00	2,70	Laje branca	Granito	Bege
2° C	6,00	8,00	2,70	Laje branca	Granito	Bege
2° D	6,00	8,00	2,70	Laje branca	Granito	Bege
2° E	6,00	8,00	3,15	Forro PVC	Granito	Bege
3° A	6,20	8,50	3,00	Laje branca	Granito	Bege
3° B	6,20	8,50	3,00	Laje branca	Granito	Bege
3° C	6,20	8,50	3,00	Laje branca	Granito	Bege
3° D	6,10	8,20	3,30	Forro PVC	Granito	Bege

Fonte: Autoria própria (2019)

A descrição de laje branca para o teto de algumas salas deve-se por motivo da laje destas terem sido pintadas com tinta branca. Vale ressaltar que as salas do 2° A, B, C e D possuem teto composto por laje inclinada (Figura 11). Por este motivo, no projeto luminotécnico foi utilizado o valor do pé esquerdo (menor altura do piso ao teto) para a altura. O piso de todas as salas é feito em granito e nas paredes prevalece a cor bege, como observa-se nas Figuras 10, 11 e 12.

A refletância do teto, parede e piso utilizados no programa são provenientes do Manual Luminotécnico Prático (OSRAM, 2006) e do Manual de Iluminação (PROCEL/Eletronbras, 2011). Tais valores são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Refletância dos materiais ou cor utilizados nas salas de aula

Material ou Cor	Refletância (%)
PVC (branco)	77,5
Granito	20
Bege	30
Lage pintada (branca)	80

Fonte: Adaptado OSRAM (2006) e PROCEL/Eletrobras (2011)

Ao analisar o ambiente das salas de aulas e por meio de conversas com os funcionários que realizam as limpezas das instalações, conclui-se que o mesmo é limpo, com manutenção anual individual das calhas e componentes do sistema, substituição de lâmpada individual após queima e com pequena tendência de acúmulo de poeira. Assim, o fator de perda adotado no projeto foi estabelecido em 0,85.

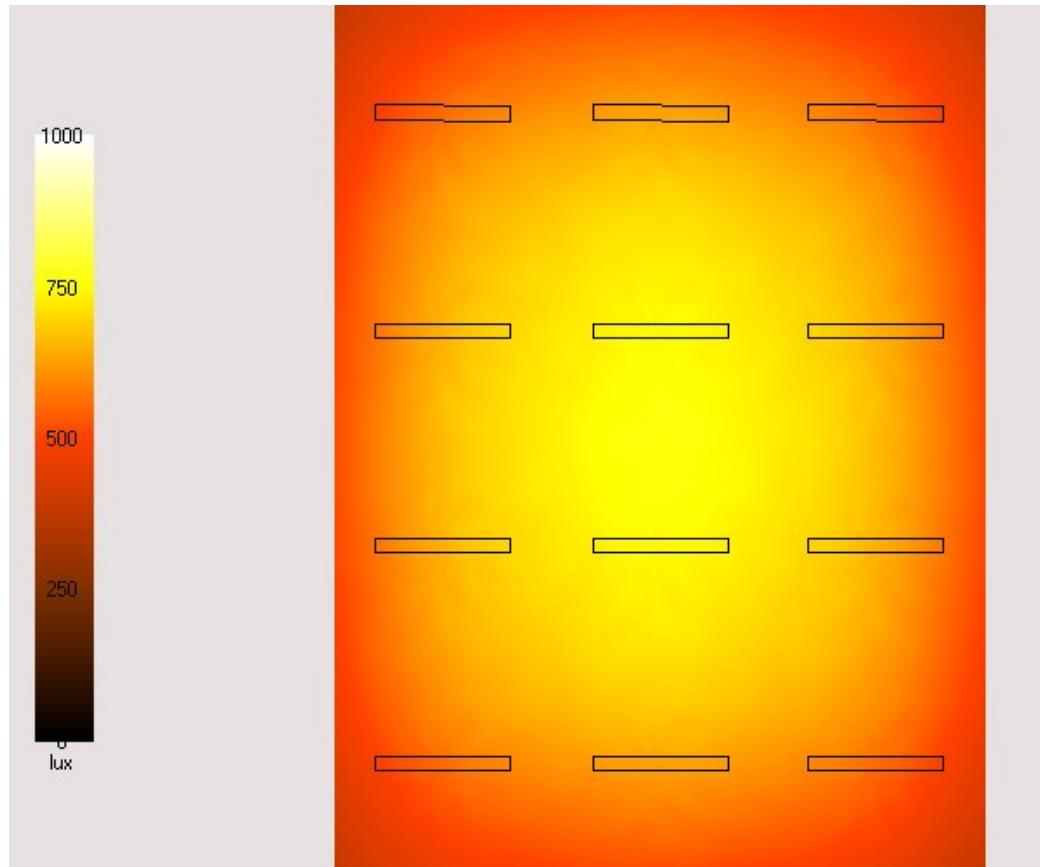
Já que a EREMOB utiliza as salas de aula no período noturno, o projeto deve ser elaborado com iluminância mínima de 500 lux, atendendo também o a quantidade média mínima requerida para o período da manhã, que é de 300 lux. Assim, colocamos o valor de 500 lux no local “Iluminância desejada” no Lumisoft.

A seguir serão apresentados os resultados das simulações executadas no Lumisoft para cada sala de aula da EREMOB.

4.4.1 Projeto luminotécnico da sala do 1º Ano A

A figura 18 apresenta a tomografia simples da sala com escala de nível de iluminamento, a quantidade de luminárias utilizadas e o posicionamento das mesmas. Percebe-se que onde as cores são mais claras, maiores são os níveis de iluminamento.

Figura 8 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 1º A



Fonte: Autoria própria (2019)

Desta forma, com a utilização de 12 luminárias, obtêm-se uma iluminância média de 617,97 lux. A Figura 8 apresenta o grid de iluminância gerado pelo Lumisoft. Ele fornece o nível de iluminamento, considerando comprimento *versus* largura da sala, com a implementação do projeto elaborado.

Figura 7 - Grid de iluminância da sala do 1º A

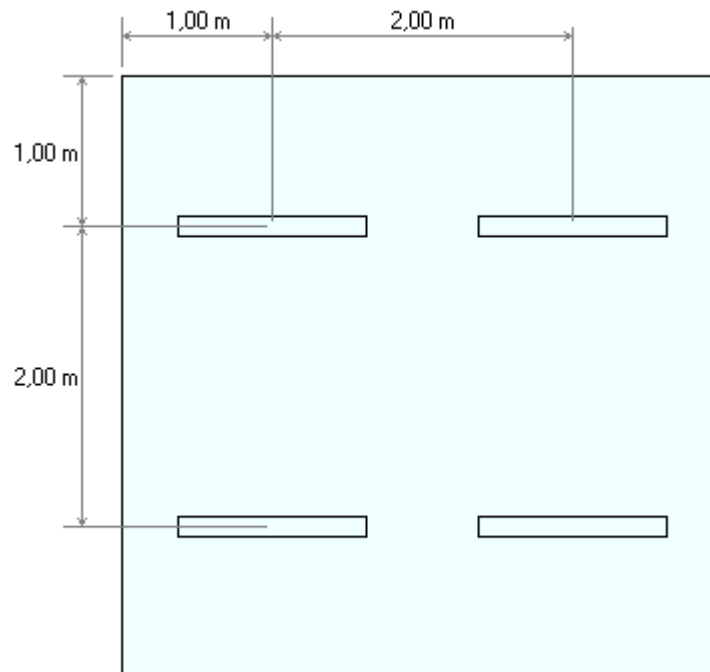
l	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	384	437	476	495	511	515	510	495	475	438	386
0,8m	434	510	563	581	603	616	600	582	560	510	434
1,6m	474	562	620	654	675	692	674	652	619	559	477
2,4m	499	590	663	697	720	730	719	692	657	595	499
3,2m	512	602	675	710	734	743	739	712	674	603	513
4,0m	517	616	686	720	751	756	746	722	686	615	517
4,8m	511	609	680	709	738	754	736	710	676	610	511
5,6m	496	592	655	692	717	734	715	690	655	589	500
6,4m	475	560	626	658	678	687	677	652	621	564	476
7,2m	435	502	558	581	598	604	605	583	556	504	436
8,0m	386	438	476	495	512	514	507	496	476	437	385

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao observarmos os 121 pontos contidos no grid, que representam a iluminância à uma altura 0,80 m do chão (altura da banca de estudos do aluno), vemos que alguns pontos no grid ficaram abaixo dos 500 lux desejados. Entretanto, a NHO 11 recomenda que a iluminância média nas áreas de atividades não seja inferior a 70% da iluminância mínima recomendada, sendo o valor mínimo aceitável de 350 lux. Portanto, o projeto elaborado no Lumisoft satisfaz as exigências presentes na NHO 11.

O lumisoft ainda fornece o esquema de montagem para o projeto elaborado. A Figura 9 apresenta o esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º Ano A.

Figura 9 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º A



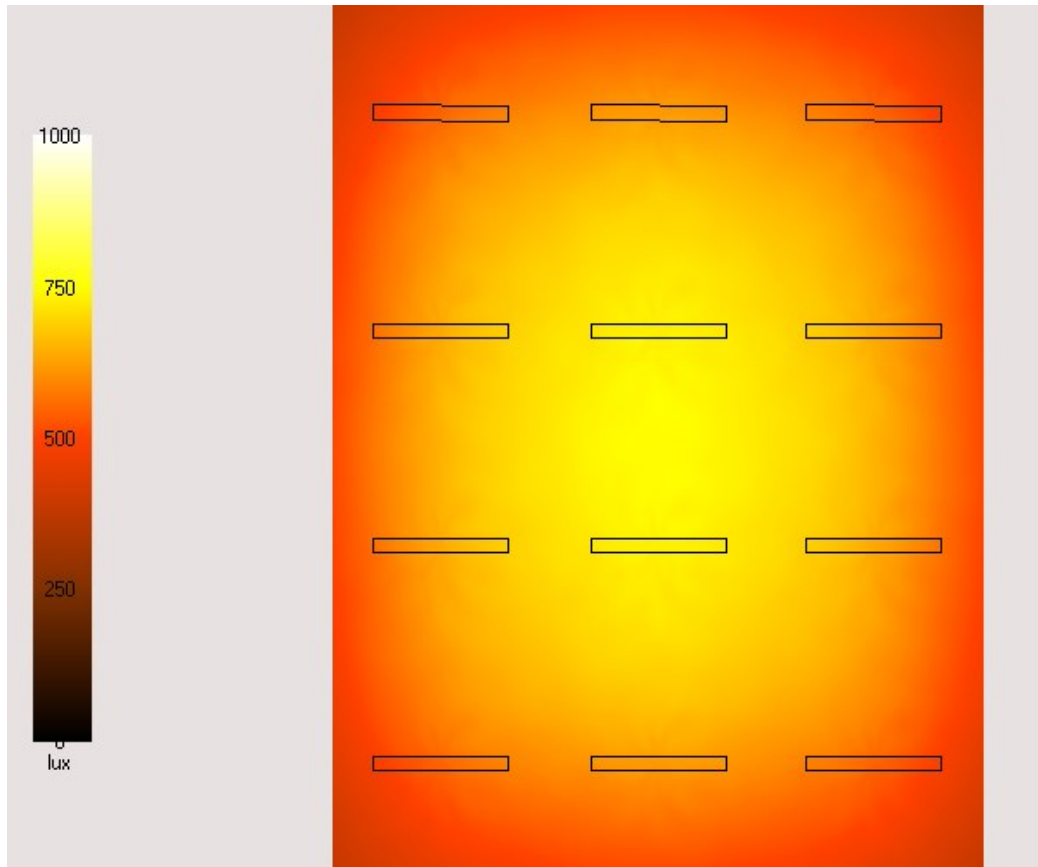
Fonte: Autoria própria (2019)

Seguindo-se o esquema de montagem recomendado, o ambiente apresentará uma distribuição luminosa homogênea.

4.4.2 Projeto luminotécnico da sala do 1º Ano B

A distribuição e posicionamento das luminárias, além da escala de iluminamento para a sala do 1º Ano B é apresentado na figura 10.

Figura 10 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 1º B



Fonte: Autoria própria (2019)

O software recomenda a utilização de 12 luminárias para o recinto, obtendo uma iluminação média de 608,89 lux. O grid de iluminância para a sala do 1º Ano B é apresentado na figura 11.

Figura 11 - Grid de iluminância da sala do 1º B

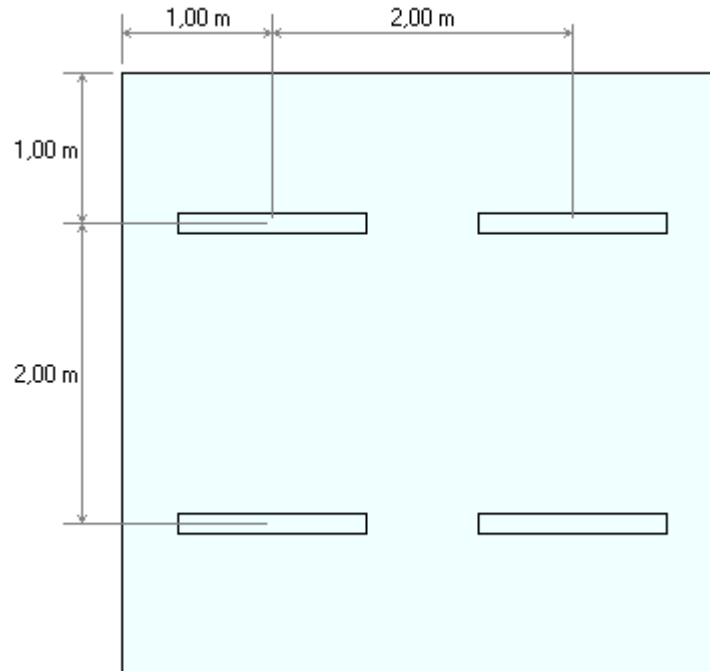
l	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	381	432	469	490	505	509	505	489	468	433	382
0,8m	430	502	553	573	593	607	590	575	551	502	430
1,6m	468	553	610	643	664	680	663	641	609	551	472
2,4m	494	581	651	685	708	718	707	683	647	586	495
3,2m	508	594	664	702	722	732	727	703	664	594	506
4,0m	510	606	673	709	739	745	734	711	672	606	511
4,8m	505	601	670	701	726	743	724	701	666	601	505
5,6m	491	583	645	681	705	722	703	679	644	581	495
6,4m	470	551	615	646	667	675	666	643	610	555	472
7,2m	432	494	549	575	588	596	594	576	548	496	431
8,0m	382	433	469	489	506	508	501	491	469	433	382

Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando os 121 pontos contidos no grid, constatamos que nenhum foi inferior a 70% da iluminância desejada, que foi 500 lux. Sendo assim, o projeto para esta sala está de acordo com os requisitos da NHO 11.

O esquema de montagem para esta sala é apresentado na figura 12.

Figura 12 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º B



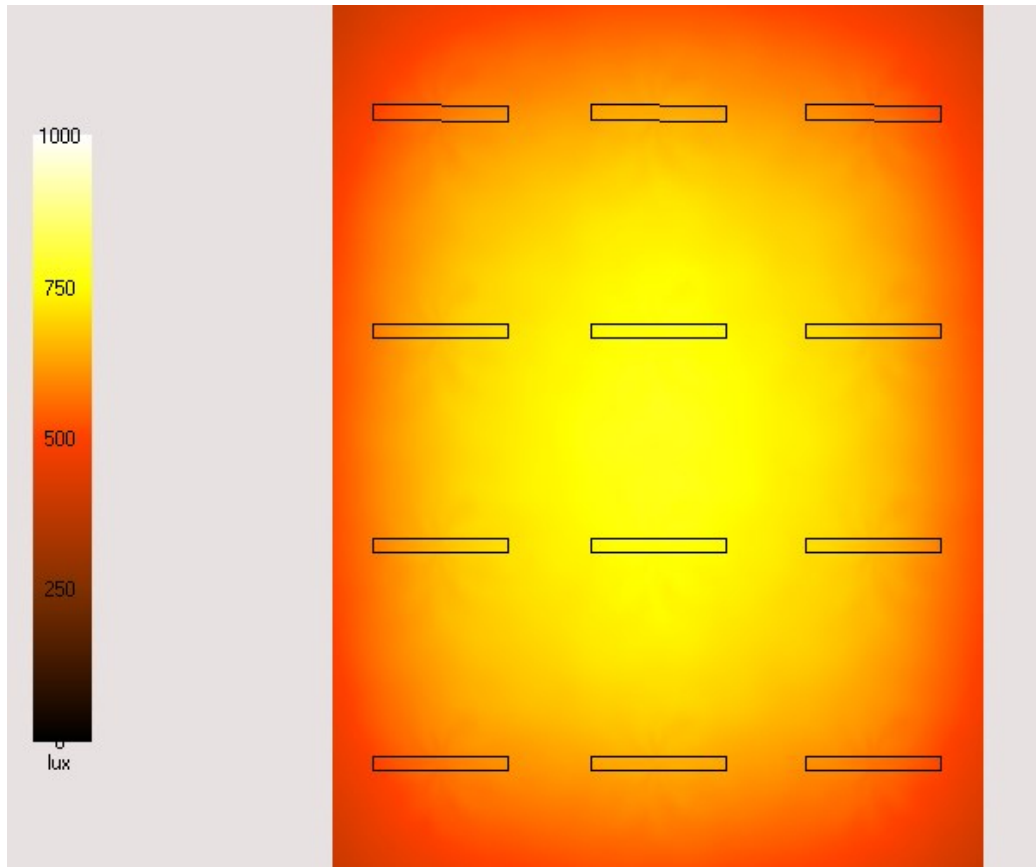
Fonte: Autoria própria (2019)

A implementação uniforme das luminárias pela sala, seguindo este esquema, garantirá uma distribuição luminosa homogênea.

4.4.3 Projeto luminotécnico da sala do 1º Ano C e F

As salas do 1º Ano C e F terão o mesmo projeto, tendo em vista que ambas possuem mesmas dimensões (comprimento, largura e altura) e mesma refletância para teto, parede e piso. A forma como ficaram distribuídas as luminárias pela sala pode ser observada na figura 13.

Figura 13 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 1° C e 1° F



Fonte: Autoria própria (2019)

A iluminância média para as salas ficou estimada em 628,79 lux, sendo utilizadas 12 luminárias. A figura 14 apresenta o grid de iluminância as salas em questão.

Figura 14 - Grid de iluminância da sala do 1° C e 1° F

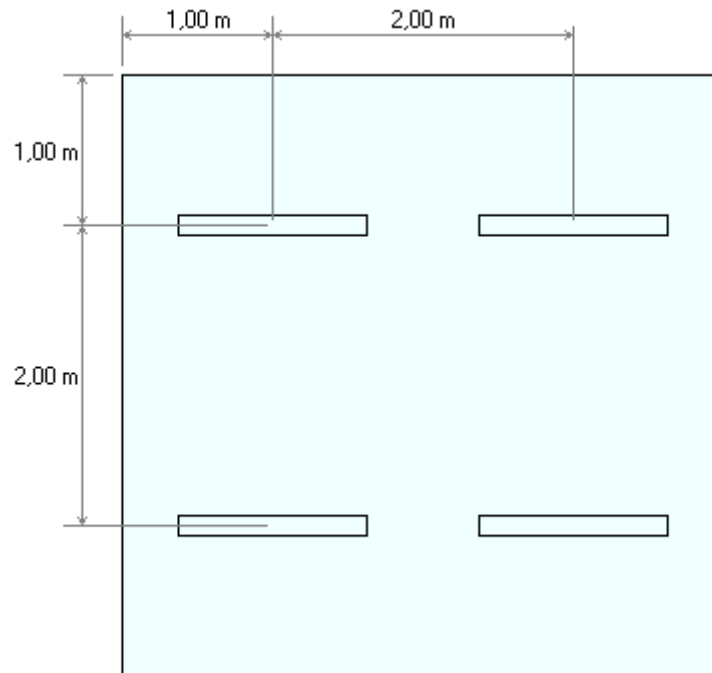
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	388	443	483	501	517	523	518	502	481	444	390
0,8m	439	519	572	591	612	627	609	592	570	517	440
1,6m	481	571	632	665	688	704	685	663	631	569	482
2,4m	505	601	675	709	731	744	731	703	670	606	506
3,2m	519	613	688	722	746	756	751	725	687	612	519
4,0m	523	627	699	732	765	771	759	734	698	626	524
4,8m	517	620	692	722	750	767	748	723	688	619	517
5,6m	504	602	668	705	729	747	726	702	667	599	506
6,4m	481	570	639	669	689	700	688	662	633	574	482
7,2m	441	510	568	592	608	615	614	594	566	511	441
8,0m	390	445	482	501	520	521	513	502	483	442	389

Fonte: Autoria própria (2019)

Este projeto está também apto para ser implementado visto que nenhum dos 121 pontos ficou abaixo de 350 lux estipulado pela NHO 11.

O esquema de montagem para as salas é apresentado a seguir (Figura 15).

Figura 15 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º C e 1º F



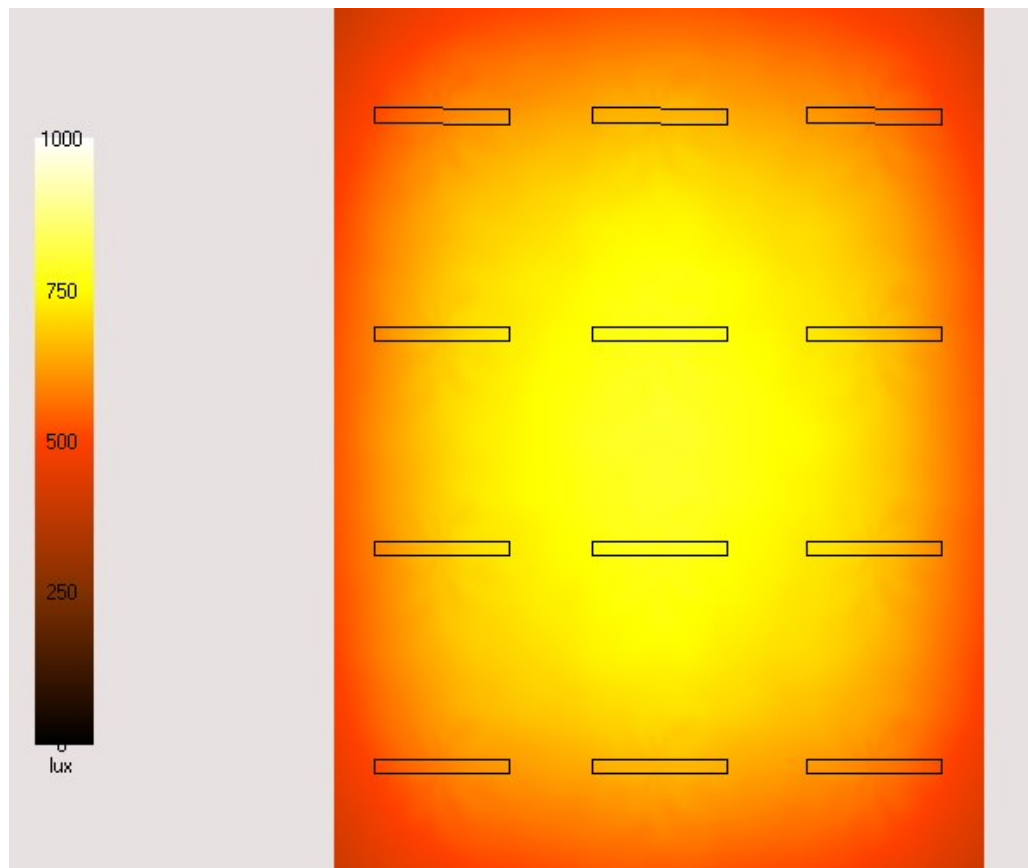
Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

4.4.4 Projeto luminotécnico da sala do 1º Ano D

O posicionamento das luminárias para a sala do 1º Ano D, bem como a escala de iluminação do projeto, é apresentado na figura 16.

Figura 16 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 1º D



Fonte: Autoria própria (2019)

O programa recomendou a utilização de 12 luminária para o recinto estudado, obtendo uma iluminância média de 641,49 lux. A figura 17 apresenta o grid de iluminância a sala do 1º Ano D.

Figura 17 - Grid de iluminância da sala do 1º D

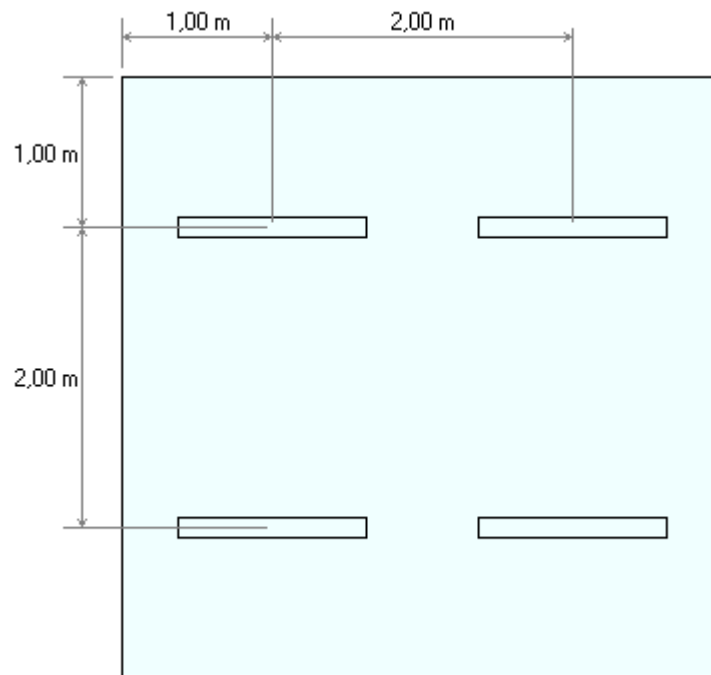
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	392	449	492	509	525	532	525	509	489	451	394
0,8m	445	530	584	602	625	641	622	603	582	528	446
1,6m	488	584	646	680	703	720	699	677	645	582	490
2,4m	513	614	691	723	746	760	746	717	685	620	513
3,2m	525	625	704	736	762	772	766	739	702	625	526
4,0m	531	640	716	747	781	787	774	750	714	639	531
4,8m	523	632	707	735	764	784	762	737	703	632	524
5,6m	512	615	682	719	744	762	741	717	681	612	513
6,4m	489	583	654	683	703	716	703	676	647	587	488
7,2m	446	521	581	602	621	628	627	605	578	522	447
8,0m	394	452	490	508	528	529	521	511	491	448	392

Fonte: Autoria própria (2019)

Esta forma de distribuição das luminárias na sala mostrou-se eficiente, haja vista que nenhum dos 121 pontos contidos no grid ficaram inferiores a 70% da iluminância desejada, ou seja, 500 lux.

O esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º Ano D é apresentado na figura 18.

Figura 18 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º D



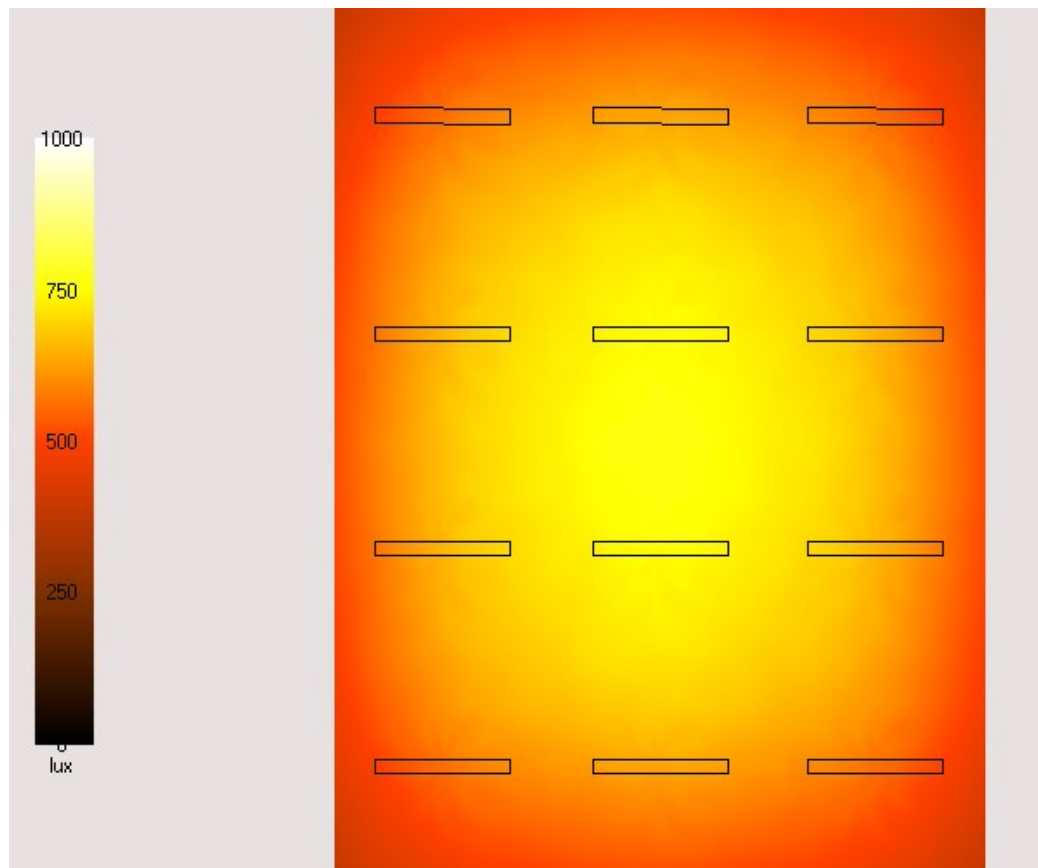
Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

4.4.5 Projeto luminotécnico da sala do 1º Ano E e 2º Ano E

As salas do 1º Ano C e 2º Ano E terão o mesmo projeto, tendo em vista que ambas possuem mesmas dimensões (comprimento, largura e altura) e mesma refletância para teto, parede e piso. A forma como ficaram distribuídas as luminárias pela sala pode ser observada na figura 19.

Figura 19 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 1º E e 2º E



Fonte: Autoria própria (2019)

O programa recomendou a utilização de 12 luminária para o recinto estudado, obtendo uma iluminância média de 621,04 lux. A figura 20 apresenta o grid de iluminância para o projeto das salas do 1º Ano E e 2º Ano E.

Figura 20 - Grid de iluminamento da sala do 1º E e 2º E

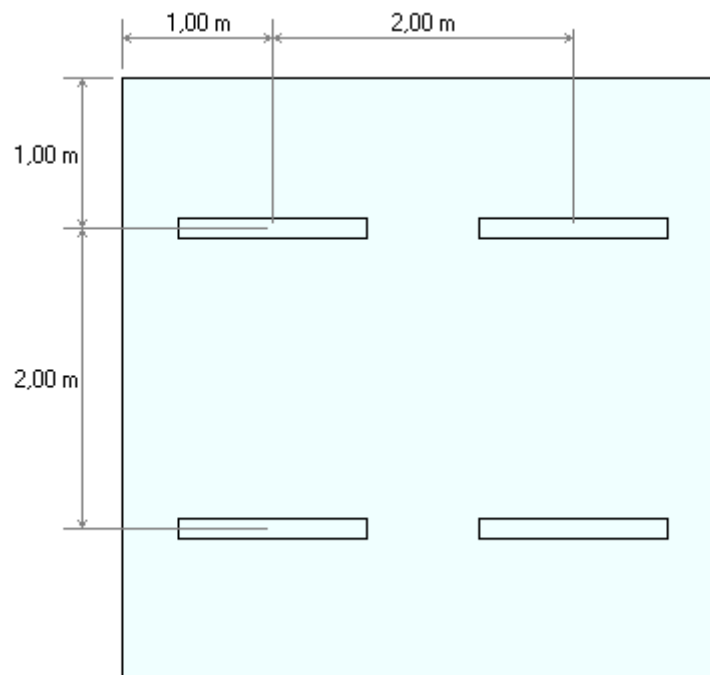
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	385	439	478	497	512	518	513	497	476	440	386
0,8m	436	512	566	584	604	619	601	585	563	513	437
1,6m	476	564	624	657	679	695	678	654	622	562	478
2,4m	501	593	666	699	724	733	722	694	661	597	502
3,2m	514	605	679	714	737	747	742	717	678	606	514
4,0m	518	619	689	724	755	762	749	726	688	618	518
4,8m	512	612	684	713	740	758	738	714	680	613	513
5,6m	499	594	659	696	720	738	719	692	658	592	502
6,4m	477	563	630	660	682	690	680	654	624	566	478
7,2m	437	504	561	584	600	608	606	587	559	506	438
8,0m	386	440	476	497	515	516	508	498	478	439	386

Fonte: Autoria própria (2019)

Esta forma de distribuição das luminárias na sala mostrou-se eficiente, haja vista que nenhum dos 121 pontos contidos no grid ficaram inferiores a 70% da iluminância desejada, ou seja, 500 lux.

O esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º Ano E e do 2º Ano E é apresentado na figura 21.

Figura 21 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 1º E e 2º E



Fonte: Autoria própria (2019)

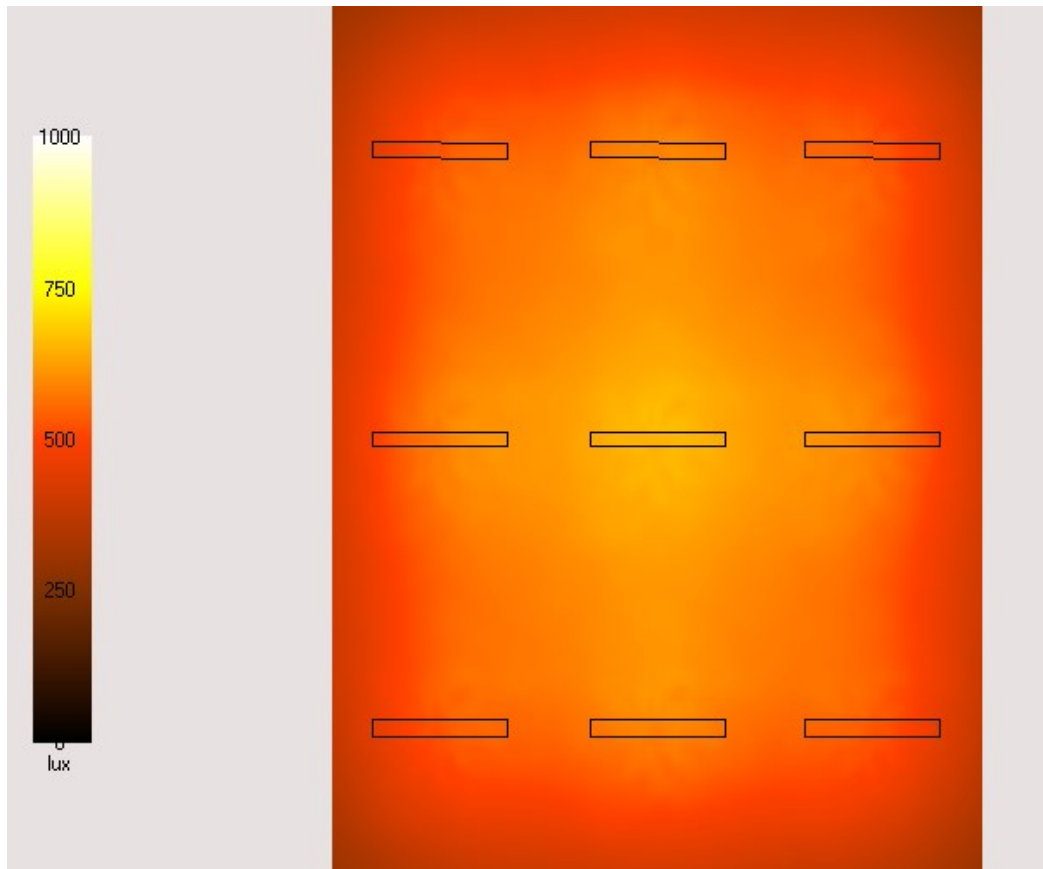
A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

4.4.6 Projeto luminotécnico da sala do 2º Ano A, B, C e D

As salas do 2º Ano A, B, C e D terão o mesmo projeto, considerando que ambas possuem mesmas dimensões (comprimento, largura e altura) e mesma refletância para teto, parede e piso. Estas salas possuem laje inclinada, como já mencionado neste trabalho. Para que haja uma distribuição uniforme da iluminação no local, recomenda-se que a altura do teto seja idêntica em qualquer que seja o ponto da sala. Assim, recomenda-se a utilização de um forro de PVC a uma altura de 2,70 m. Sendo assim, o projeto elaborado usou esta altura tomando como base a adoção desta recomendação. A forma como ficaram distribuídas as luminárias pela sala pode ser

observada na figura 22.

Figura 22 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 2º A, B, C e D



Fonte: Autoria própria (2019)

A iluminância média para as salas ficou estimada em 526,78 lux, sendo utilizadas 9 luminárias. A figura 23 apresenta o grid de iluminância as salas em questão.

Figura 23 - Grid de iluminamento da sala do 2º A, B, C e D

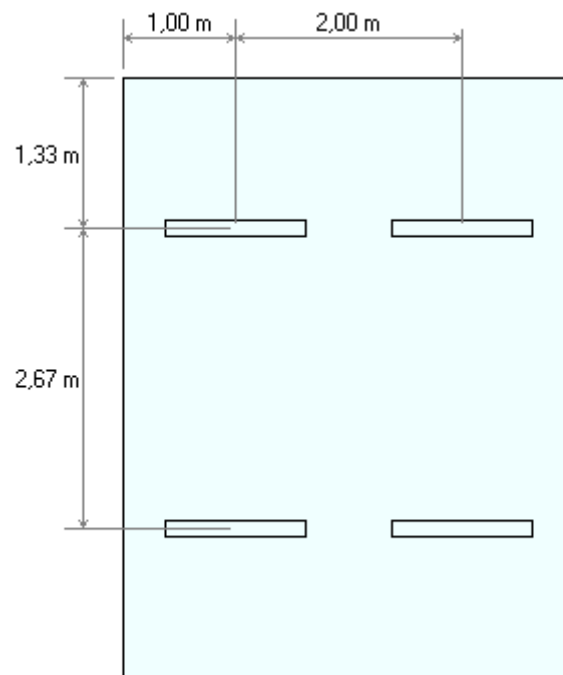
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	304	352	383	397	408	415	408	398	385	351	304
0,8m	363	446	504	509	524	542	526	507	494	447	362
1,6m	392	493	561	566	582	598	586	564	553	491	392
2,4m	403	496	556	575	596	610	595	575	555	493	404
3,2m	414	513	580	596	617	634	619	595	574	514	415
4,0m	423	535	597	615	637	648	639	615	591	538	423
4,8m	414	517	576	596	624	629	617	597	580	510	415
5,6m	404	495	557	578	596	615	595	574	555	492	404
6,4m	392	499	546	565	585	612	584	563	555	492	393
7,2m	361	445	495	505	525	544	520	507	492	445	361
8,0m	304	353	386	397	408	415	410	397	384	353	303

Fonte: Autoria própria (2019)

Os quatro pontos que estão com níveis de iluminância abaixo de 350 lux não prejudicam a implementação deste projeto tendo em vista que as localizações espaciais deles na sala são pontos onde não há carteiras escolares (posto de trabalho dos estudantes). Sendo assim, este projeto está também apto para ser implementado.

O esquema de montagem para as salas é apresentado a seguir (figura 24).

Figura 24 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 2º A, B, C e D



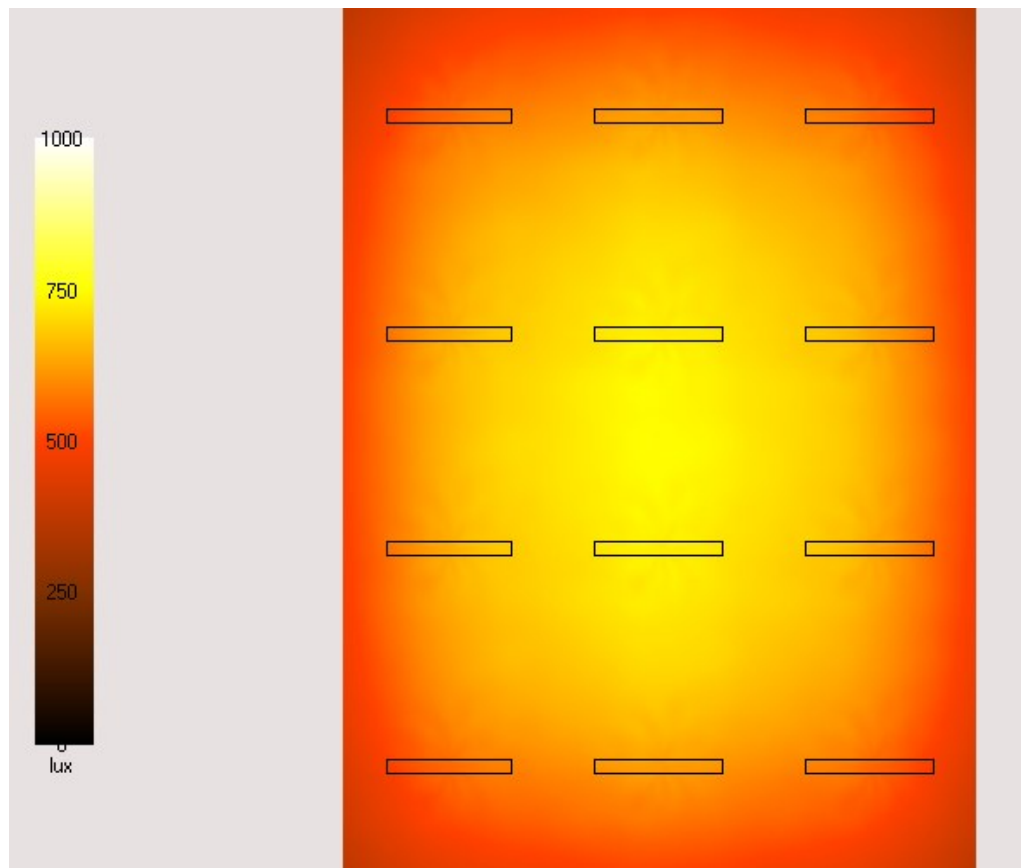
Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

4.4.7 Projeto luminotécnico da sala do 3º Ano A, B e C

As salas do 3º Ano A, B e C terão o mesmo projeto, tendo em vista que ambas possuem mesmas dimensões (comprimento, largura e altura) e mesma refletância para teto, parede e piso. Estas salas possuem laje inclinada, como já mencionado neste trabalho. A forma como ficaram distribuídas as luminárias pela sala pode ser observada na figura 25.

Figura 25 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 3º A, B e C



Fonte: Autoria própria (2019)

A iluminância média para as salas ficou estimada em 607,18 lux, sendo utilizadas 12 luminárias. A figura 26 apresenta o grid de iluminância as salas em questão.

Figura 26 - Grid de iluminância da sala do 3º A, B e C

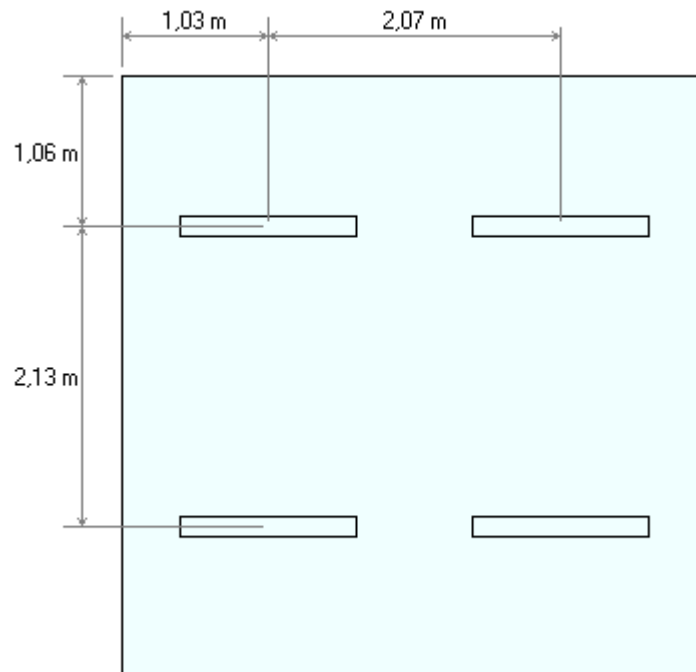
	0,0m	0,6m	1,2m	1,9m	2,5m	3,1m	3,7m	4,3m	5,0m	5,6m	6,2m
0,0m	368	421	461	479	489	497	495	477	460	426	368
0,9m	422	496	551	572	594	596	589	571	554	495	420
1,7m	461	556	614	641	667	679	663	646	622	554	463
2,6m	483	581	644	679	699	720	704	680	649	581	484
3,4m	494	599	668	694	717	742	721	693	667	600	492
4,3m	499	602	674	707	729	746	735	705	676	606	499
5,1m	495	592	664	696	723	730	719	694	667	591	493
6,0m	483	585	649	678	706	719	702	683	656	583	485
6,8m	462	554	612	643	660	681	666	643	616	553	462
7,7m	421	504	555	571	588	610	592	570	555	505	420
8,5m	369	423	460	477	491	501	492	478	463	423	368

Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando os 121 pontos contidos no grid, constatamos que nenhum foi inferior a 70% da iluminância desejada, que foi 500 lux. Sendo assim, o projeto para esta sala está de acordo com os requisitos da NHO 11.

O esquema de montagem para esta sala é apresentado na figura 27.

Figura 27 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 3º A, B e C



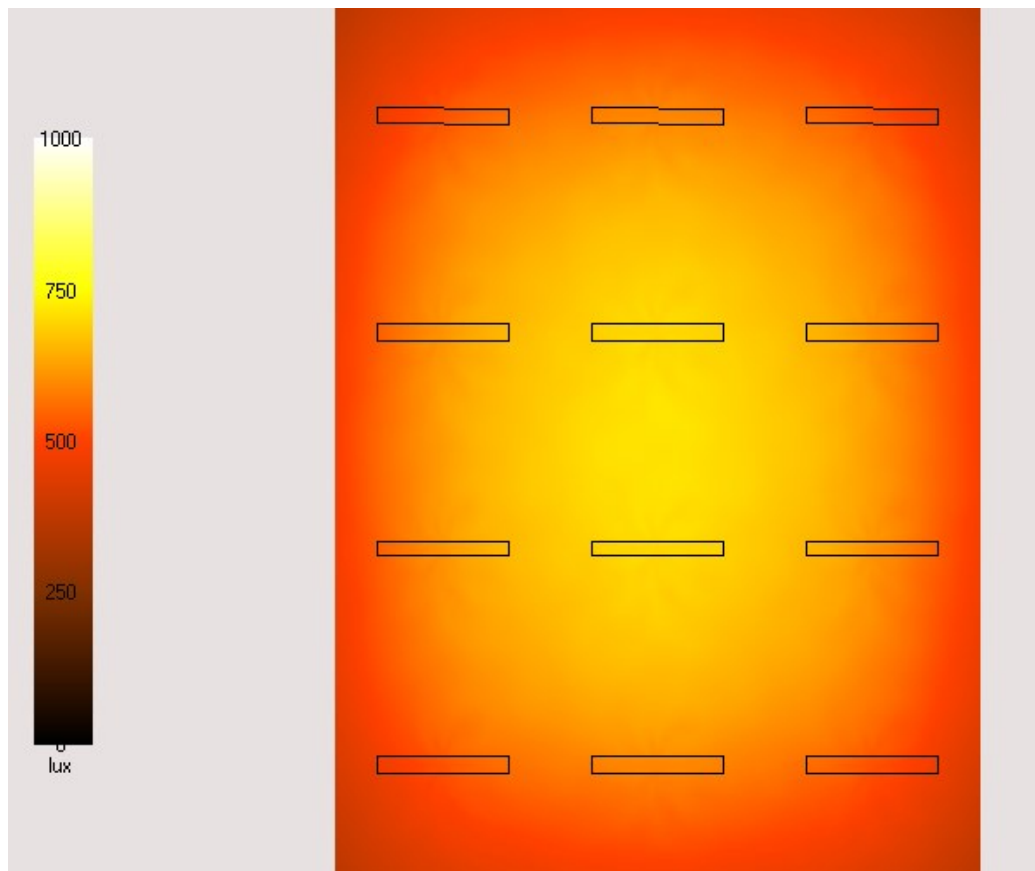
Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

4.4.8 Projeto luminotécnico da sala do 3º Ano D

O posicionamento das luminárias para a sala do 3º Ano D, bem como a escala de iluminação do projeto, são apresentados na figura 28.

Figura 28 - Tomografia simples da distribuição luminosa da sala do 3º D



Fonte: Autoria própria (2019)

O programa recomendou a utilização de 12 luminária para o recinto estudado, obtendo uma iluminância média de 581,19 lux. A figura 29 apresenta o grid de iluminância a sala do 3º Ano D.

Figura 29 - Grid de iluminamento da sala do 3º D

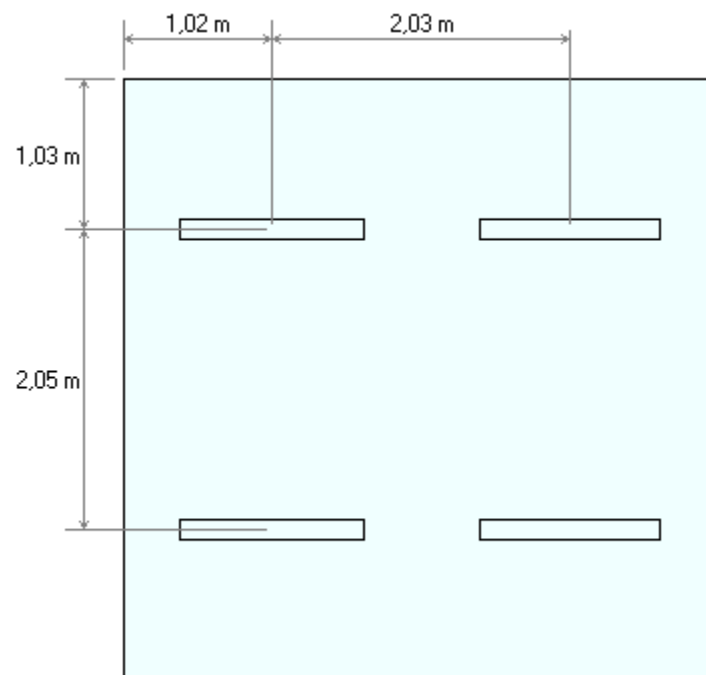
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,1m	3,7m	4,3m	4,9m	5,5m	6,1m
0,0m	365	413	448	467	482	486	482	468	447	413	0
0,8m	411	480	528	547	568	579	564	548	526	479	0
1,6m	448	528	582	613	635	649	633	613	582	526	0
2,5m	472	555	622	655	676	685	676	651	617	559	0
3,3m	485	566	633	670	690	699	696	671	633	568	0
4,1m	488	578	643	678	705	711	701	679	642	579	0
4,9m	485	574	638	669	695	709	693	669	635	573	0
5,7m	471	556	615	650	675	690	671	650	616	554	0
6,6m	449	526	588	618	637	645	636	613	583	530	0
7,4m	413	472	524	548	562	569	568	550	522	474	0
8,2m	365	414	448	468	483	486	479	469	449	414	0

Fonte: Autoria própria (2019)

Esta forma de distribuição das luminárias na sala mostrou-se eficiente, haja vista que nenhum dos 121 pontos contidos no grid ficaram inferiores a 70% da iluminância desejada, ou seja, 500 lux.

O esquema de montagem das luminárias para a sala do 3º Ano D é apresentado na figura 40.

Figura 40 - Esquema de montagem das luminárias para a sala do 3º D



Fonte: Autoria própria (2019)

A distribuição das 12 luminárias deverá seguir o esquema de montagem recomendado para que haja distribuição uniforme da iluminação pelo recinto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ambientes construídos têm por finalidade atender as necessidades das pessoas, servindo não somente como abrigo, mas também se caracterizando como um prolongamento do nosso cotidiano. A escola possui importância gigantesca para o ser humano, pois é nela que o indivíduo desenvolve seu contexto sociocultural e econômico. É nela onde destinamos maior parte do nosso tempo, principalmente quando jovens, na busca pelo avanço intelectual. Assim, é inegável a necessidade de se garantir condições mínimas de conforto lumínico aos seus usuários. Por isso, a Engenharia da Iluminação é de grande aplicabilidade para avaliação da qualidade da iluminação, como é o caso deste trabalho.

Através das medições realizadas nos períodos da manhã, tarde e noite, pôde-se calcular a iluminância média nesses períodos e verificar a situação do conforto visual a que os professores e alunos estavam expostos. Foi verificado que das 45 médias de iluminâncias medidas, apenas 5 estavam acima dos níveis recomendados pela norma, sendo que nenhuma estava presente no período da noite e somente uma no período da tarde. O restante, que se encontram no período da manhã, somente 2 possui níveis que, além de estarem acima do mínimo exigido, ajudam os alunos e professores nas suas atividades, já que as demais possuem níveis muito acima do recomendado, causando excesso de iluminância, sendo prejudiciais aos usuários do recinto.

Diante deste cenário, fez-se necessário a elaboração de projetos luminotécnicos a fim de corrigir a iluminação das salas de aula. Tais projetos foi dimensionado para valor médio de iluminância de 500 lux, valor este estabelecido para salas de aula noturnas, haja vista que, satisfazendo este valor, o nível recomendado para o período diurno é automaticamente atendido (300 lux).

A implementação de tais projetos por meio da escola faz-se necessário pois há embasamento científico de que a iluminação é fator estimulante do processo de ensino aprendizagem. Com isso, não só os alunos ganhariam em quesito de conforto ambiental, como também, junto com a escola, ganham rendimento intelectual. Assim, os objetivos do trabalho foram atingidos.

Para trabalhos futuros sugere-se a reavaliação dos níveis de iluminamento das salas de aula após a implementação do projeto a fim de se verificar a efetiva correção dos déficits lumínicos anteriormente encontrados. Além disso, sugere-se que, a avaliação de lâmpadas mais eficientes a fim de reduzir o consumo energético e otimizar a distribuição luminosa pela sala.

REFERÊNCIAS

PROCEL **Manual de Iluminação**. Rio De Janeiro: **ELETOBRAS**, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em: 29/11/2019.

BARRETT, P.; DAVIES, F.; ZHANG, Y.; BARRETTE, L. The impact of classroom design on pupil's learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, [S.l], v. 89, 2015.

BOYCE, Peter R. The Impact of Light in Buildings on Human Health. **Indoor and Built Environment**, 19, p. 8-20, 2010.

SILVA, Camila Moreno de Camargo e. A Importância da Iluminação no Ambiente Escolar. Goiânia: **Revista Especialize IPOG** - 8ª Edição nº 009 Vol.01/2014 dezembro/2014.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. 15ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

DIAS, Amanda Fontes Aragão. **Análise do uso da luz natural em salas de aula**: estudo de caso em Aracaju-SE. Maceió, 2011. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas.

DUTRA, Paulo Fernando de Vasconcelos *et al.* **Educação integral no estado de Pernambuco**: uma realidade no Ensino Médio. 2013.

FERREIRA, D. B; MORETTI, R. S. A contribuição de tecnologias de energia passiva para a eficiência energética e qualidade ambiental de escolas públicas: o caso do uso da luz natural em escolas de climas tropicais. **arq.urb**, n. 11, 2014.

GRAÇA, Valéria A. C. *et al.* An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, 42, 2007.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE J. **Iluminação natural**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkain, 1966.

KIM, G.; KIM, J. T. Healthy-daylighting desing for the living environment in apartments in Korea. **Building and Environment**, vol.45, nº 12. 2010.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar – o projeto do ambiente de ensino**. Brasil: Oficina de Textos, 2011. 272 p.

KÜLLER, R.; LINDSTEN, C. Health and behaviour of children in classroom with and without windows. **J. Env. Psychol**, v. 12, p. 305–17, 1992.

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F.; DUTRA, L. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Gráficos e Editores Associados, 1997.

LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting: design methods for architects**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

LIMA, Mariana Regina Coimbra de. **Percepção Visual Aplicada a Arquitetura e Iluminação**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2010. 145 p.

LUZ, Jeanine Marchiori da. "Luminotécnica." *Porto Alegre: [sn], [20 (2017)*.

MEC. Resultado do IDEB 2017. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2017. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: outubro de 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Manual de Procedimentos Para os Serviços de

MORAES, L. N.; CLARO, A. Estudo comparativo de sistemas de iluminação artificial considerando luz natural e consumo de energia. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 59–74, jul./set. 2013.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2006. Disponível em: < <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>> Acesso em: 2 nov. 2013.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em <http://br.osram.info/download_center/manual_luminotectico.htm> Acesso em: 09/05/2006.

PEREIRA, F. O. R.; LOPES, A. C. S; MARQUES A.; TEODORO, E.; BATISTA, J. O.; SANTANA, M. V.; FONSECA, R. W.; ATANÁSIO, V. Uma investigação sobre a consideração da iluminação natural nas diferentes etapas de projeto. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VIII, e Encontro Latino Americano, IV, Maceió, 2005. Anais... Maceió: [s.n.], v.1 p. 1471-1479. (CDROM).

PERNAMBUCO (estado). Secretaria de Educação. Balanço da Educação 2015-2018. Recife, 2018.

PERNAMBUCO. Lei Complementar 125, de 10 de julho de 2008. Diário Oficial do Estado de Pernambuco – Poder Executivo, Pernambuco, PE, 11 jul. 2008. p. 3.

RAMOS, Luise Wanderley Torres. **Projeto luminotécnico com tecnologia led para algumas áreas do Centro de Tecnologia da UFRJ**. 2016. tese de doutorado. centro de tecnologia da ufirj Luise Wanderley Torres Ramos Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RODRIGUES, P. **Programa Nacional de Conservação de Energia**. [S.n. ; S. l.], 2002.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1ª Edição. 2002.

SIEPE. **Sistema de Informações da Educação de Pernambuco**. Disponível em <http://www.siepe.educacao.pe.gov.br/>. Acesso em: 15 de out. 2019

SILVA, Mauri Luis da. **Iluminação – Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2009. 176 p.

UNICAMP. 2015. Laboratório de Iluminação UNICAMP: Tabelas de Iluminância e Cálculo luminotécnico. Disponível em: www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf. Acesso em 04/11/2016. 9

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e arquitetura**. Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001.

APÊNDICES A

Dados da sala do 1º A manhã

TURMA:	1º A	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	125	102							113,50
Q	162	182	295	300					234,75
R	288	290	213	243	304	263	225	305	266,38
T	146	154	172	116					147,00
Iluminância média		195,83							

Dados da sala do 1º A tarde

TURMA:	1º A	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	122	181							151,50
Q	144	114	239	248					186,25
R	289	229	200	228	266	297	315	293	264,63
T	203	198	209	203					203,25
Iluminância média		212,25							

Dados da sala do 1º A noite

TURMA:	1º A	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	105	141							123,00
Q	101	109	203	198					152,75
R	277	235	204	180	242	257	279	272	243,25
T	179	159	173	168					169,75
Iluminância média		183,63							

Dados da sala do 1º B manhã

TURMA:	1º B	TURNO:	MANHÃ							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	330	209							269,50	
Q	574	847	1015	1128					891,00	
R	1365	1300	1059	990	1120	1228	1132	1255	1181,13	
T	442	447	548	908					586,25	
Iluminância média	782,54									

Dados da sala do 1º B tarde

TURMA:	1º B	TURNO:	TARDE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	72	170							121,00	
Q	73	73	92	82					80,00	
R	109	135	118	132	89	62	95	56	99,50	
T	80	77	105	66					82,00	
Iluminância média	94,00									

Dados da sala do 1º B noite

TURMA:	1º B	TURNO:	NOITE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	33	26							29,50	
Q	31	35	52	46					41,00	
R	68	72	66	70	55	54	51	54	61,25	
T	57	54	36	33					45,00	
Iluminância média	47,17									

Dados da sala do 1º C manhã

TURMA:	1º C	TURNO:	MANHÃ							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	53	95							74,00	
Q	54	51	137	142					96,00	
R	64	62	70	77	106	66	77	86	76,00	
T	93	75	81	65					78,50	
Iluminância média		79,83								

Dados da sala do 1º C tarde

TURMA:	1º C	TURNO:	TARDE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	31	95							63,00	
Q	50	45	125	116					84,00	
R	71	72	79	84	86	75	77	75	77,38	
T	92	85	81	76					83,50	
Iluminância média		78,13								

Dados da sala do 1º C noite

TURMA:	1º C	TURNO:	NOITE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	43	82							62,50	
Q	45	37	137	119					84,50	
R	77	59	75	75	97	70	78	85	77,00	
T	95	84	65	70					78,50	
Iluminância média		76,33								

Dados da sala do 1º D manhã

TURMA:	1º D	TURNO:	MANHÃ							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	86	97							91,50	
Q	110	94	148	139					122,75	
R	117	101	116	141	144	130	124	119	124,00	
T	147	126	112	80					116,25	
Iluminância média		115,79								

Dados da sala do 1º D tarde

TURMA:	1º D	TURNO:	TARDE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	72	100							86,00	
Q	72	65	162	149					112,00	
R	98	90	100	120	110	84	111	111	103,00	
T	149	134	86	90					114,75	
Iluminância média	105,58									

Dados da sala do 1º D noite

TURMA:	1º D	TURNO:	NOITE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	60	90							75,00	
Q	61	55	149	138					100,75	
R	87	80	85	97	99	99	102	104	94,13	
T	127	122	80	90					104,75	
Iluminância média	95,58									

Dados da sala do 1º E manhã

TURMA:	1º E	TURNO:	MANHÃ							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	406	9390							4898,00	
Q	1050	1355	2100	3190					1923,75	
R	990	1409	1030	560	1218	1380	1162	1008	1094,63	
T	474	500	1002	1050					756,50	
Iluminância média	1754,00									

Dados da sala do 1º E tarde

TURMA:	1º E	TURNO:	TARDE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	132	171							151,50	
Q	185	155	255	229					206,00	
R	225	238	244	237	196	167	190	182	209,88	
T	144	143	167	115					142,25	
Iluminância média	176,96									

Dados da sala do 1º E noite

TURMA:	1º E	TURNO:	NOITE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	112	127							119,50	
Q	135	126	198	194					163,25	
R	209	218	219	223	165	164	179	162	192,38	
T	140	134	141	75					122,50	
Iluminância média		152,08								

Dados da sala do 1º F manhã

TURMA:	1º F	TURNO:	MANHÃ							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	139	141							140,00	
Q	130	177	260	220					196,75	
R	410	362	276	391	306	308	325	289	333,38	
T	228	229	243	240					235,00	
Iluminância média		245,58								

Dados da sala do 1º F tarde

TURMA:	1º F	TURNO:	TARDE							
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB										
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA	
P	110	150							130,00	
Q	104	109	232	197					160,50	
R	344	390	323	374	295	270	305	268	321,13	
T	230	245	199	187					215,25	
Iluminância média		227,21								

Fonte: Autoria própria (2019)

Dados da sala do 1º F noite

TURMA:	1º F	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	119	152							135,50
Q	127	130	237	212					176,50
R	393	336	346	388	250	262	304	254	316,63
T	228	223	235	234					230,00
Iluminância média		234,21							

Dados da sala do 2º A manhã

TURMA:	2º A	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	171	202							186,50
Q	250	261	268	258					259,25
R	359	374	369	365	250	273	255	223	308,50
T	246	227	160	191					206,00
Iluminância média		245,79							

Dados da sala do 2º A tarde

TURMA:	2º A	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	185	210							197,50
Q	303	238	273	253					266,75
R	351	387	390	335	318	249	280	255	320,63
T	263	238	211	218					232,50
Iluminância média		261,75							

Dados da sala do 2º A noite

TURMA:	2º A	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	187	209							198,00
Q	306	312	263	257					284,50
R	347	388	395	376	258	257	283	284	323,50
T	252	249	242	251					248,50
Iluminância média	271,08								

Dados da sala do 2º B manhã

TURMA:	2º B	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	159	200							179,50
Q	258	238	305	240					260,25
R	307	335	353	337	276	244	241	284	297,13
T	247	212	206	249					228,50
Iluminância média	248,50								

Dados da sala do 2º B tarde

TURMA:	2º B	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	175	189							182,00
Q	243	257	750	340					397,50
R	318	348	360	348	240	228	258	221	290,13
T	220	254	245	255					243,50
Iluminância média	274,46								

Fonte: Autoria própria (2019)

Dados da sala do 2º B noite

TURMA:	2º B	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	204	186							195,00
Q	209	210	244	228					222,75
R	318	348	361	343	243	239	248	236	292,00
T	254	213	218	208					223,25
Iluminância média	241,38								

Dados da sala do 2º C manhã

TURMA:	2º C	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	90	153							121,50
Q	77	83	253	237					162,50
R	187	182	159	180	203	196	175	182	183,00
T	206	193	202	191					198,00
Iluminância média	174,33								

Dados da sala do 2º C tarde

TURMA:	2º C	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	109	141							125,00
Q	114	105	241	225					171,25
R	196	190	174	187	208	195	197	197	193,00
T	215	200	205	229					212,25
Iluminância média	184,46								

Dados da sala do 2º C noite

TURMA:	2º C	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	75	151							113,00
Q	90	96	247	218					162,75
R	173	176	149	161	200	185	169	189	175,25
T	145	138	197	209					172,25
Iluminância média	161,79								

Dados da sala do 2º D manhã

TURMA:	2º D	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	42	182							112,00
Q	97	108	230	222					164,25
R	162	165	122	138	229	220	162	168	170,75
T	76	78	242	138					133,50
Iluminância média	147,46								

Dados da sala do 2º D tarde

TURMA:	2º D	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	33	176							104,50
Q	93	105	218	209					156,25
R	176	160	122	137	238	185	156	168	167,75
T	76	95	159	223					138,25
Iluminância média	145,46								

Dados da sala do 2º D noite

TURMA:	2º D	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	31	178							104,50
Q	81	90	232	221					156,00
R	135	138	104	111	167	146	135	157	136,63
T	66	73	127	206					118,00
Iluminância média	128,29								

Dados da sala do 2º E manhã

TURMA:	2º E	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	263	362							312,50
Q	538	599	972	1150					814,75
R	929	896	660	721	537	844	779	716	760,25
T	367	395	615	498					468,75
Iluminância média	597,54								

Dados da sala do 2º E tarde

TURMA:	2º E	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	122	181							151,50
Q	87	81	230	248					161,50
R	100	131	112	117	140	100	136	133	121,13
T	202	198	204	203					201,75
Iluminância média	159,79								

Dados da sala do 2º E noite

TURMA:	2º E	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	23	100							61,50
Q	77	82	149	134					110,50
R	107	120	108	115	212	151	130	152	136,88
T	65	76	140	159					110,00
Iluminância média	110,96								

Dados da sala do 3º A manhã

TURMA:	3º A	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	125	195							160,00
Q	179	193	248	237					214,25
R	360	370	343	338	258	231	261	238	299,88
T	228	213	215	129					196,25
Iluminância média	227,75								

Dados da sala do 3º A tarde

TURMA:	3º A	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	124	150							137,00
Q	177	185	215	215					198,00
R	366	389	336	382	335	298	268	252	328,25
T	200	231	274	222					231,75
Iluminância média	242,50								

Dados da sala do 3° A noite

TURMA:	3° A	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	131	199							165,00
Q	238	238	247	238					240,25
R	364	384	315	388	241	243	286	278	312,38
T	210	232	230	258					232,50
Iluminância média	249,17								

Dados da sala do 3° B manhã

TURMA:	3° B	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	55	20							37,50
Q	14	8	40	34					24,00
R	13	10	14	12	22	26	43	28	21,00
T	21	19	27	28					23,75
Iluminância média	25,17								

Dados da sala do 3° B tarde

TURMA:	3° B	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	11	29							20,00
Q	69	86	51	40					61,50
R	65	71	87	66	44	41	40	40	56,75
T	27	25	37	40					32,25
Iluminância média	43,25								

Dados da sala do 3° B noite

TURMA:	3° B	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	8	18							13,00
Q	16	22	45	34					29,25
R	44	44	32	34	44	27	31	22	34,75
T	17	13	36	33					24,75
Iluminância média		26,88							

Dados da sala do 3° C manhã

TURMA:	3° C	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	34	59							46,50
Q	88	72	62	65					71,75
R	147	127	137	164	137	155	172	152	148,88
T	122	130	109	119					120,00
Iluminância média		109,33							

Dados da sala do 3° C tarde

TURMA:	3° C	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	44	60							52,00
Q	76	80	65	67					72,00
R	149	156	116	153	132	142	169	148	145,63
T	136	132	121	114					125,75
Iluminância média		111,13							

Dados da sala do 3º C noite

TURMA:	3º C	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	36	57							46,50
Q	72	74	64	65					68,75
R	181	140	103	148	134	148	168	149	146,38
T	131	131	82	77					105,25
Iluminância média	103,08								

Dados da sala do 3º D manhã

TURMA:	3º D	TURNO:	MANHÃ						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	237	3010							1623,50
Q	585	709	1804	2340					1359,50
R	1880	1203	1405	1406	1426	950	835	1120	1278,13
T	307	315	1882	2220					1181,00
Iluminância média	1316,88								

Dados da sala do 3º D tarde

TURMA:	3º D	TURNO:	TARDE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	175	304							239,50
Q	430	535	567	666					549,50
R	452	633	629	487	579	583	449	463	534,38
T	214	203	885	1439					685,25
Iluminância média	538,04								

Dados da sala do 3º D noite

TURMA:	3º D	TURNO:	NOITE						
CÁLCULO DE ILUMINÂNCIADE - EREMOB									
PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	MÉDIA
P	101	113							107,00
Q	144	127	169	157					149,25
R	256	222	143	263	187	193	220	238	215,25
T	185	158	192	184					179,75
Iluminância média	174,38								