

# **FAACZ**

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ

**FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

**ESTER BISOLLI LIBARDI**

## **ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR**

A influência da iluminação em escolas de ensino fundamental da rede pública municipal na cidade de Linhares - ES

**ARACRUZ-ES  
2017**

**ESTER BISOLLI LIBARDI**

**ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR**  
A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL  
DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL NA CIDADE DE LINHARES - ES

Trabalho Final de Graduação apresentado ao curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo das Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ, como requisito parcial a obtenção do título de bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

Prof. Orientador: Kamila Zamborlini

**ARACRUZ - ES**  
**2017**

**ESTER BISOLLI LIBARDI**

**ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR**  
A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL  
DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DA CIDADE DE LINHARES - ES

Trabalho Final de Graduação apresentado ao curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, das Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Nome do professor  
Kamila Zamborlini  
Faculdades Integradas de Aracruz

---

Nome do professor  
Andréa Curtiss Alvarenga  
Faculdades Integradas de Aracruz

Aracruz, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

Dedico aos meus pais, irmã, namorado,  
a toda minha família e amigos que,  
com muito apoio e carinho, acreditarão  
e me apoiaram para que eu chegasse  
até esta etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família e amigos pela força e incentivos.

Aos professores e colegas de curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

A todos que, de algum modo, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

*A vida pode mudar a arquitetura.  
No dia em que o mundo for mais justo,  
ela será mais simples.*

**OSCAR NIEMEYER**

## RESUMO

A arquitetura de uma escola é de grande relevância em sua logística de funcionamento, fluxos, separação de atividades ou ainda integração das mesmas. Entretanto sua importância no ambiente escolar não se restringe a essas funções, mas está diretamente ligada à contribuição para com o processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido, é preocupante a constatação da ineficiência arquitetônica das escolas públicas do Brasil, onde a maioria não apresenta sequer estrutura física básica necessária, principalmente na rede de ensino fundamental, cuja responsabilidade é dos municípios, que podem/devem buscar recursos com o governo estadual/federal para realizar as adequações necessárias. A iluminação se justifica como tema a ser estudado pois é um dos importantes fatores da arquitetura que precisam ser estudados com cautela por influenciar no conforto ambiental das edificações e também por estar comprovadamente ligada ao aprendizado e desenvolvimento dos alunos. Este estudo objetiva analisar a iluminação utilizada em uma instituição de ensino da rede pública no Município de Linhares, através de metodologia com medições in loco e entrevista com usuários, diagnosticando as principais deficiências, que a iluminação apresenta no ambiente escolar da EMEF “Cid Adalberto dos Reis” e descrevendo como resultado principal algumas alternativas adequadas de iluminação para contribuir com uma aprendizagem mais eficiente.

Palavra-chave: Ambiente Escolar. Desempenho. Iluminação. Iluminância. Projeto Arquitetônico.

## SUMMARY

The architecture of a school is of great relevance in its logistics of operation, flows, separation of activities or even integration of them. However, its importance in the school environment is not restricted to these functions, but is directly linked to the contribution to the teaching-learning process. In this sense, it is worrying the verification of the architectural inefficiency of the public schools of Brazil, where the majority does not present even the basic physical structure necessary, mainly in the fundamental education network, whose responsibility is of the municipalities, that can / must seek resources with the state government to carry out the necessary adaptations. Lighting is justified as a subject to be studied because it is one of the important architectural factors that need to be studied with caution because it influences the environmental comfort of the buildings and also because it is linked to the learning and development of the students. This study aims to analyze the lighting used in a teaching institution of the public network in the city of Linhares, through methodology with in loco measurements and interview with users, diagnosing the main deficiencies that the lighting presents in the school environment of EMEF "Cid Adalberto dos Reis "and describing as main result some suitable lighting alternatives to contribute to a more efficient learning.

Keyword: School Environment. Performance. Lighting. Illumination. Architectural Project.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tabela de proporção de luminâncias para avaliação de contraste. ....	26
Figura 2: Manutenção do sistema de iluminação. ....	29
Figura 3: Croqui planta baixa da escola. ....	30
Figura 4: Planta esquemática da localização das salas. ....	31
Figura 5: Fotografia lateral da sala 02, que tem as mesmas características da sala 01. ....	32
Figura 6: Fotografia interior sala 02. ....	33
Figura 7: Fotografia parede lateral do corredor da sala 01. ....	34
Figura 8: Plantas baixas da sala 01. ....	35
Figura 9: Fotografia frente da sala com 01. ....	35
Figura 10: Plantas baixas da sala 02. ....	36
Figura 11: Fotografia frente da sala 02. ....	37
Figura 12: Plantas baixa da sala dos professores. ....	38
Figura 13: Fotografia da sala dos professores. ....	39
Figura 14: Fotografia entrada da sala dos professores. ....	40
Figura 15: Tabela de quantidade mínima de pontos a serem medidos. ....	43
Figura 16: Determinação de Hm. ....	43
Figura 17: Malha de pontos para medições. ....	44
Figura 18: Plantas baixa das salas 01 e 02 com a malha de pontos. ....	45
Figura 19: Planta baixa da sala dos professores com a malha de pontos. ....	46
Figura 20: Tabela com resultado da medição da sala 01. ....	48
Figura 21: Gráfico 01 - valores de iluminação natural da sala 01. ....	49
Figura 22: Gráfico 02 - valores de iluminação natural e artificial da sala 01. ....	49
Figura 23: Gráfico 03 - valores de iluminação artificial da sala 01. ....	50
Figura 24: Tabela com resultado da medição da sala 02. ....	51
Figura 25: Gráfico 04 - valores de iluminação natural da sala 02. ....	51
Figura 26: Gráfico 05 - valores de iluminação natural e artificial da sala 02. ....	52
Figura 27: Gráfico 06 - valores de iluminação artificial da sala 02. ....	52
Figura 28: Tabela com resultado da medição da sala dos professores. ....	53
Figura 29: Gráfico 07 - valores de iluminação natural da sala dos professores. ....	54
Figura 30: Gráficos 08 - valores de iluminação natural e artificial da sala dos professores. ....	54
Figura 31: Tabela de planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades, com a especificação da luminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor. ....	56
Figura 32: Croqui planta baixa e corte do brise vertical. ....	58
Figura 33: Fotografia da fachada da escola. ....	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CISBE - The Chartered Institution of Building Services Engineers

NBR – Norma Brasileira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
2.1 A QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO SOB O AMBIENTE ESCOLAR.....	14
2.2 A ILUMINAÇÃO NATURAL.....	15
<b>2.2.1 Iluminação natural em escolas</b> .....	17
2.3 LUZ ARTIFICIAL .....	20
2.4 CONFORTO VISUAL .....	22
<b>2.4.1 Iluminância</b> .....	24
<b>2.4.2 Luminância</b> .....	25
<b>2.4.3 Contraste</b> .....	25
<b>2.4.4 Ofuscamento</b> .....	26
2.5 ANÁLISE DA NORMA TÉCNICA REFERENTE À ILUMINÂNCIA .....	28
<b>3 ESTUDO DE CASO</b> .....	30
3.1 ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL CID ADALBERTO DOS REIS .....	30
<b>4 PROCEDIMENTOS PARA AS MEDIÇÕES</b> .....	42
4.1. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS MÍNIMOS .....	44
4.2 MEDIÇÃO DA ILUMINAÇÃO .....	46
<b>5 RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DE CASO</b> .....	48
5.1 CORRELAÇÃO COM A NORMA ABNT NBR ISO 8995-1 .....	55
5.2 SUGESTÕES DE MELHORIA .....	57
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

As escolas públicas do Brasil, em sua grande maioria, não apresentam a estrutura física necessária considerada básica para educar. Isso acontece principalmente naquelas de ensino fundamental, onde começa a relação aluno e ambiente escolar.

Segundo o Censo Escolar da Educação Básica 2013, menos de 5% dos colégios tem a infraestrutura adequada à sua função. A porcentagem de escolas que apresentam estrutura básica adequada apresentou pequena evolução nos últimos anos, de 2009 a 2013, subindo de 3,06% para 4,2%. Esse número fica ainda mais distante quando se trata da infraestrutura ideal, onde menos de 1% se enquadram (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2014).

A estrutura das escolas de ensino fundamental, segundo ministério da educação (JORNAL NACIONAL, 2015) é de responsabilidade dos municípios, onde os mesmos podem buscar o governo estadual ou federal caso encontrem dificuldades.

No município de Linhares-ES a última escola construída foi no ano de 2013, e algumas das que foram reformadas já apresentam problemas estruturais.

Na elaboração de um projeto arquitetônico devem ser levados em consideração diversos fatores, como a posição geográfica, finalidade da obra, características da tarefa e do observador, normas técnicas e legislação.

O conforto visual é um dos fatores que assume maior relevância quando o espaço construído é uma escola. Estudos mostram que o desempenho escolar do aluno pode estar relacionado com a qualidade da iluminação em sala de aula (BARRETT et al., 2015).

A fim de que o desempenho de alunos e dos funcionários seja otimizado é fundamental a verificação das condições que estão associadas com a aprendizagem, e com esses fatores a construção precisa possibilitar o conforto ambiental a seus usuários, e também um ambiente salubre para o processo de ensino.

Os sentidos, como a visão, são essenciais para estimular novas descobertas. Dessa forma, a iluminação se mostra imprescindível para potencializar esse desempenho. Um local adequadamente iluminado, além de

despertar reações de todos os sentidos, torna o ambiente confortável e agradável, fatores esses que interferem diretamente na prática educacional (SILVA, 2014).

Baseado nessa relevância é que se justifica o tema desta pesquisa que aborda a iluminação como aspecto a ser analisado de uma forma cuidadosa específica na prática da arquitetura de forma geral, mas principalmente em sua aplicação no ambiente escolar, pelo fato de estar diretamente ligada com o aprendizado e o desenvolvimento dos alunos.

Neste sentido, observou-se que faz-se necessário investigar as condições de conforto visual das instituições de ensino públicas, já que muitas apresentam deficiências em diversos aspectos funcionais da arquitetura, principalmente na iluminação. É preciso dar atenção ao correto dimensionamento e distribuição da iluminação na sala de aula.

Para tanto, o presente trabalho tem como **objetivo geral** analisar a iluminação utilizada em uma instituição de ensino da rede pública no Município de Linhares, e propor alternativas de iluminação que contribuam para a eficiência do processo de aprendizagem.

Sendo assim os **objetivos específicos** do trabalho são:

- Descrever a importância no uso de uma boa iluminação dentro da sala de aula, destacando os benefícios que a mesma traz para os alunos.
- Escolher uma escola de ensino fundamental do Município de Linhares – ES para fazer um estudo de caso.
- Diagnosticar as principais deficiências que a iluminação apresenta no ambiente escolar de uma escola de ensino fundamental da rede municipal da cidade de Linhares – ES, através de estudo de caso e entrevistas com funcionários da mesma.
- Fazer levantamento da iluminância através do aplicativo de celular Luxímetro Dr. LED calibrado com um luxímetro digital.
- Apontar melhorias buscando aumentar a qualidade da iluminação.

A metodologia de desenvolvimento do presente trabalho foi a partir de pesquisa bibliográfica e de campo. O referencial bibliográfico foi construído através de pesquisas em livros, teses, trabalho final de graduação, textos e artigos científicos; e a pesquisa de campo, através da observação de fatos e fenômenos *in loco*, coleta de dados e medições referentes à iluminação. A sequência se dá com

a análise e interpretação desses dados, com base numa fundamentação teórica, objetivando compreender e solucionar o problema diagnosticado.

O presente trabalho é composto por cinco capítulos organizados em: Introdução, Fundamentação teórica, Estudo de caso, Medições, Propostas e, conclusão.

No primeiro capítulo, trata de forma genérica sobre o tema, problematizando a questão da iluminação em edificações escolares e mostrando a relevância do tema abordado.

O segundo capítulo é composto pela fundamentação teórica, onde são tratadas as principais referências sobre iluminação, conceitos, estudos e a qualidade da iluminação no ambiente escolar, revelando sua importância e as consequências que sua deficiência pode causar.

No terceiro capítulo, descreve-se o estudo de caso realizado em uma escola de ensino fundamental no Município de Linhares-ES, bem como o diagnóstico das características observadas, a identificação e seleção dos ambientes que serão especificamente analisados em relação às suas condições lumínicas.

O quarto capítulo é destinado: às medições de iluminação desses ambientes, com a descrição da metodologia utilizada na obtenção dos valores de iluminação de acordo com a norma que estabelece os critérios para a medição.

Já o quinto capítulo fala sobre a análise dos resultados obtidos; e à comparação entre os valores encontrados e os valores de referência estabelecidos por norma, e algumas sugestões que possam melhorar os ambientes em questão.

E por fim o sexto e último capítulo se refere a conclusão do presente trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados alguns pontos importantes, conceitos, estudos, sobre a qualidade da iluminação no ambiente escolar, ressaltando sua importância e as consequências que sua deficiência pode causar.

### 2.1 A QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO SOB O AMBIENTE ESCOLAR

De acordo com a NBR 5413, da Associação Brasileira de Normas Técnicas a luz é definida como uma potência radiante que, estimulando o olho humano produz sensações visuais, por isso só podemos enxergar com a presença da luz.

A qualidade do ambiente construído, segundo Dias (2011), aborda um dos fatores que auxilia na qualidade do processo ensino aprendizagem das escolas. É de grande relevância que o ambiente escolar ofereça condições que interfiram de modo positivo no dia – a – dia dos seus respectivos usuários, proporcionando a eles conforto, qualidade, bem-estar, segurança, através de um ambiente que seja estimulante e acolhedor.

Estudos mostram que a qualidade do aprendizado do aluno está diretamente ligada com as condições das edificações escolares: segundo Ferreira e Moretti (2014) a iluminação está fundamentalmente ligada à produtividade em sala de aula.

A luz é fundamental para o mecanismo da visão e imprescindível para o processo de funcionamento do cérebro. De acordo com Lechner (1991), a percepção visual pode ser sucinta como a interpretação do que os olhos veem, e auxilia na execução de atividades que ajudam na aprendizagem do aluno. Contudo, se a iluminação de um ambiente escolar for ineficiente, quer seja pela má distribuição de luz natural pelo ambiente, quer seja pelo mal dimensionamento das luminárias, isso pode trazer danos à saúde dos usuários, que vão da falta de atenção até problemas com o desenvolvimento físico da criança (KÜLLER; LINDSTEN, 1992).

Já Pereira et al. (2005) diz que a má qualidade da iluminação natural que é encontrada na maioria das edificações se deve ao fato do principal obstáculo que é relacionar a luz natural com o projeto, é preciso entender esse fenômeno para priorizar a iluminação natural com a sua devida importância no projeto. Pois

quando se dá valor à iluminação natural, os projetos arquitetônicos escolares tendem a ter uma boa qualidade.

## 2.2 A ILUMINAÇÃO NATURAL

Em muitos anos de sua existência o ser humano apenas conheceu a luz vinda da radiação solar como única forma de iluminação. Mesmo depois de inventada e aprimorada a iluminação artificial, a iluminação natural ainda é a mais indicada para ser usada como principal fonte de iluminação, segundo Boyce, Hunter e Howlett (2003).

Atualmente no mundo, temas socioambientais tem se destacado, e o uso da luz natural é um destes, devido a ser um meio de diminuição do uso energético e pelo seu ganho por intermédio da fonte de energia renovável (DIAS, 2011).

A iluminação natural proporciona grandes vantagens e pode ser usada para se alcançar uma maior qualidade no meio ambiente e até mesmo eficiência energética nas edificações, e entre alguns pontos positivos que a luz natural proporciona, pode-se apresentar alguns (MAJOROS, 1998):

- Como a visão humana se desenvolve através da iluminação natural, a qualidade da luz adquirida é preferível;
- A iluminação natural é gerada pela fonte de energia renovável;
- Um projeto de iluminação natural adequado, pode propiciar a luz necessária para 80 a 90% das horas diárias, o que possibilita uma grande economia de iluminação artificial;
- Por causar efeitos estimulantes, a mudança frequente da iluminação natural é extremamente positiva nos ambientes.

No momento em que se tem um bom projeto de iluminação natural, tem-se uma considerável economia de energia não só direta, mas também indireta, e mesmo que de forma indireta, uma vez que a luz natural se utilizada controladamente torna possível alcançar adequados níveis de iluminação, com um volume térmico mais baixo que a formada pela luz artificial, fazendo assim com que haja uma diminuição no uso da refrigeração do ar condicionado (AMORIM, 2002).

A iluminação natural é um tipo de estratégia passiva sem nenhum tipo de instalação onerosa ou com custos operacionais que auxiliam no desempenho



energético de uma edificação e traz benefícios relacionados ao conforto visual a seus usuários (LIM et al., 2012).

As vantagens que a iluminação natural proporciona ao ambiente e aos usuários que nele estão são diversas. Estudos comprovam que o ser humano e seu relógio biológico são favoráveis aos estímulos naturais que recebem principalmente da luz do dia em seus ambientes de trabalho, proporcionando uma sensação de bem-estar e em diversos benefícios para a saúde envolvendo aspectos fisiológicos, psicológicos e socioeconômicos (NAZZAL, 2005; KIM, 2010; CANTIN; DUBOIS, 2011; SAPIA, 2013 apud CARLUCCI et al., 2015).

A luz natural aumenta a produtividade e a condição de satisfação em um ambiente de trabalho, garante boa qualidade visual com relação à qualidade de cores e é capaz de proporcionar ao ser humano a sensação de tempo ao longo do dia, devido às suas características de mudança de intensidade e direcionalidade (KIM, 2010 apud CARLUCCI et al., 2015). Sua utilização adequada mostra um impacto ambiental mais controlado e ajuda a economizar energia, pois o uso da iluminação artificial e do ar condicionado é minimizado, seguindo da ideia de que estes serão menos solicitados (ANDERS, 2003; LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 2004).

Ao estudar iluminação natural sempre haverá uma certa diferença entre a quantidade e a qualidade de luz. Hopkinson, Petherbridge, Longmore (1975) dizem que um projeto de iluminação natural deve combinar eficiência visual, conforto visual e estética, pois seus estudos saíam do conceito básico de que a adaptação dos olhos às condições de iluminação é um aspecto particular da adaptação do corpo ao meio ambiente. Afirmam também para o fato de que para ter uma iluminação boa é preciso combinar a quantidade de luz necessária ao desenvolvimento de uma tarefa visual, medida em laboratórios, com uma adequada distribuição de luz que evite diferenças acentuadas entre o ambiente e o plano de trabalho, evitando-se também brilhos excessivos que constituam ofuscamento:

“Durante séculos, a iluminação natural preocupou-se mais com a aparência do que com a quantidade. Apenas durante as últimas décadas é que os princípios de engenharia sobre iluminação e fotometria, desenvolvida por físicos e engenheiros a partir de considerações sobre pequenas fontes luminosas, têm sido aplicados aos problemas de iluminação natural. Até então, os arquitetos aprendiam a situar janelas e a lidar com a iluminação natural interior a partir dos preceitos dos tratadistas de arquitetura, como Vitruvius, que descreveu a relação

existente entre a colocação de janelas e os efeitos visuais no interior. O fato de a iluminação natural ter sido tratada de uma maneira quantitativa mais precisa deve-se, inicialmente, à necessidade de satisfazer, nos tribunais, as obrigações legais de um vizinho em não obstruir a luz do dia no edifício de um outro” (HOPKINSON, PETHERBRIGE, LONGMORE, 1966, p. 25).

Segundo Corbella e Yannas (2003), a utilização da luz natural que vai variando ao longo do dia, causa efeito estimulante, permitindo aos objetos que são iluminados um enriquecimento e contrastes de cores. Quando se trata da função ao qual o ambiente foi atribuído, a falta de uniformidade da iluminação natural é bem aceita, uma vez que não se tem aquele sentimento de monotonia e de indiferença, e pode causar algumas sensações como, por exemplo, a suavidade, a serenidade e a intimidade, e pode ser utilizada para chegar a uma certa expressividade arquitetônica. E quando se fala em sala de aula, a iluminação natural mostra diferentes valores, como melhorias das funções motoras ao que se referem os reflexos, à postura e ao equilíbrio, como também a estímulos da criatividade e da sensibilidade, oferecendo uma integração com o exterior propiciando o bem-estar dos usuários, um conforto visual, e um bom nível de produtividade (DIAS, p.30, 2011).

De acordo com Kowaltowski (2006), um dos fatores dentro da arquitetura que mais intervêm na qualidade de vida do homem é o conforto ambiental, assim como suas concepções visuais, acústicas, térmicas e funcionais.

### **2.2.1 Iluminação natural em escolas**

A educação tem enorme importância para um país, pelos aspectos culturais e socioeconômicos, sendo a mesma responsável pela formação dos cidadãos. Dentre os fatores que colaboram para melhor aprendizado dos alunos, devemos dar destaque à configuração física do ambiente escolar. A construção de edifícios escolares adequados é uma das maneiras de melhorar o ensino, por tem grande importância no processo de aprendizagem.

Para uma melhor produtividade de alunos e professores, é importante que os projetos de edifícios escolares e das salas de aula, envolvam questões de ergonomia, aproveitamento da iluminação, ventilação e ruídos.

Além disso, a construção de edifícios no Brasil em que eram projetados para acomodar as escolas públicas é bem novo, porque na época do Império, que foi entre 1822 e 1889, existiam o que eram chamadas de escolas de ler e escrever ou até mesmo escolas de primeiras letras e muitas vezes essas escolas eram na própria casa do professor, em paróquias, ou até mesmo em comércios, e essas salas tinham pouca iluminação e pouco ar circulando (BUFFA E PINTO, 2002).

A principal preocupação com os projetos arquitetônico das escolas começou em 1889 junto com a República e que permanece até hoje, que é quando os projetos de escolas começam a se associar, juntamente com o formato do espaço, os princípios pedagógicos que foram recém-elaboradas pelos professores e também pelos governantes republicanos (CORREIA, 2005).

As escolas construídas durante a Primeira República (1889-1930), segundo Graça e Kowaltowski (2004 apud DIAS, 2011, p. 42), eram consideradas de ótima qualidade do ponto de vista construtivo e obedeciam a um programa arquitetônico composto basicamente de salas de aula e de um reduzido número de ambientes administrativos e caracterizavam-se, em especial, pela simetria da planta, na qual se identificava a rígida separação entre as seções masculina e feminina.

Conforme diz Buffa e Pinto (2002), os conceitos de higiene e limpeza nesse período possibilitaram o uso de aberturas amplas e ótima luminosidade e ventilação controlada.

Alguns cuidados com o nível da luz interna em ambientes escolares são encontrados desde início do século passado, se bem que a falta de medidas e instruções direcionasse para reproduções de soluções fundadas meramente em experiências práticas ou opiniões pessoais, fazendo assim que com ao passar do tempo tenha-se valorizado mais a quantidade do que a qualidade da iluminação nas edificações de ensino (DORIGO, 2007).

Foi então, em 1929, que a Diretoria Geral de Saúde Pública do Estado do Paraná, publicou o Regulamento que dirigia as instruções construtivas para edifícios escolares da rede pública, sobre o pé-direito mínimo adquirido em cada sala de aula, sobre a iluminação e a ventilação dos edifícios (BENCOSTTA, 2005).

De acordo com Buffa e Pinto (2002), em 1933, foi criado o Código de Educação do Estado de São Paulo e também uma comissão da qual era composta por profissionais que eram especializados e tinham um objetivo comum: resolver os problemas físicos das edificações escolares, passando a abordar diversas

situações do projeto arquitetônico das novas escolas e alguns pontos da construção como a iluminação e ventilação, a orientação, as cores das quais eram pintadas, a largura de corredores e das escadas, os quadros, os vestiários, e as instalações de água potável e das instalações sanitárias.

Ainda segundo Buffa e Pinto (2002), pontos como o conforto visual, acústico e térmico por diversas vezes foram deixados de lado em atribuição a forma do edifício, obtendo-se assim escolas belíssimas e que são muito quentes no verão e frias no inverno, com uma má distribuição da iluminação em certos locais e sem controle algum do fluxo de ventilação.

Existem estudos, manuais e cadernos técnicos publicados pelo Fundo de Fortalecimento da Escola/Ministério da Educação (Fundescola/MEC) que oferecem alguns subsídios às equipes de profissionais dos órgãos estaduais e municipais para a elaboração, acompanhamento e construção de projetos arquitetônicos escolares. Dentre eles podemos citar os Subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares (CORTEZ E SILVA, 2002) ou os Padrões mínimos de funcionamento da escola do ensino fundamental (MORAES, 2006), que incluem informações técnicas e recomendações acerca do ambiente físico escolar.

Além de tudo, avaliações pós-ocupação em todo Brasil mostram vários problemas especialmente ligados ao conforto visual, térmico e acústico. Um dos fatores que causam esses problemas se deve ao fato da utilização de projetos padrões para as escolas, pois não é levado em consideração informações específicas do local, orientação solar, acarretando assim em ambientes escolares com baixa qualidade (FUNARI e KOWALTOWSKI, 2005).

Segundo Dorigo (2007), pelo fato das condições ambientais que são vistas em certos locais influem inteiramente na qualificação de tarefas e na composição das atividades que são feitas no interior da edificação, já que o aumento das escolas públicas se dá pelo fato de utilizar projetos padrões, atendendo a pontos específicos da economia, uniformização da rede, podem afetar o desenvolvimento escolar e a saúde dos alunos, e ainda propiciar edificações com economia e eficiência energética baixa.

No que diz respeito às iluminâncias, tem – se a NBR 5413 (ABNT, 1992). Ela determina os valores médios de iluminação artificial para interiores, em

ambientes de serviço bem como comércios, indústria, esportes, ensino, entre outros.

Conforme Graça et al. (2007 apud DIAS 2011, p.47), nos países em desenvolvimento, onde recentes evoluções no sentido de garantir alto desempenho e qualidade ao ambiente escolar não tem sido aplicadas no processo de concepção desses edifícios e onde a qualidade do projeto da construção escolar depende principalmente de critérios de projeto conhecidos e da prática e conhecimento profissionais. Ainda de acordo com Graça et al. (2007), não há um padrão de qualidade da arquitetura que proporcione um ambiente adequado de aprendizagem nas escolas públicas brasileiras.

### 2.3 LUZ ARTIFICIAL

A primeira energia natural utilizada pelo homem de forma intencional foi o fogo, quando um raio incendiava uma árvore. Se o fogo adquirido a partir desse episódio se apagasse, era necessário aguardar por outros incêndios para que se pudesse obter fogo novamente. Mas este fogo já o ajudou bastante a cozinhar seu alimento, a iluminar algum lugar na hora desejada, em seu aquecimento e também para se proteger de animais que não se aproximavam do fogo. Depois a relação do homem com o fogo passou para outros estágios, a produção do fogo pelo homem, a manutenção mediante o uso de fogueiras, e a utilização de resinas para que este não apagassem tão facilmente quando as tochas acesas eram carregadas. Além disso, ele conseguiu aliar o fogo a outros instrumentos e desenvolver fontes de energia maiores e melhores. Até hoje, o fogo é a principal fonte de energia do ser humano (MUSITANO, 2012).

O fenômeno que a luz sofre quando um raio luminoso incide em uma superfície de separação de dois meios homogêneos e volta para o mesmo meio é chamado de reflexão. Por exemplo, os espelhos são um tipo de superfície refletora que através da reflexão possibilita a formação de imagens. A refração ocorre quando um raio luminoso atinge a superfície de separação entre dois meios e passa de um meio para outro alterando sua velocidade e seu comprimento de onda sem modificar sua frequência. As lentes, por exemplo, é uma superfície refratora que através da refração também estabelecem imagens de objetos colocados à sua frente. O fenômeno absorção é o que juntamente da reflexão explica a visualização das cores, ele é formado quando parte do raio luminoso fica retido

na superfície que ele incidiu, em maior ou menor grau, dependendo do material que é constituído cada corpo. Os três fenômenos descritos a cima são simultâneos. Um raio de luz quando atinge uma superfície parte deste raio é refletida, parte é refratado e parte é absorvido (SILVA,2013). A luz artificial desempenha um papel muito importante, ela dá apoio necessário à luz natural. Os espaços são projetados muitas vezes em função da luz natural e da sustentabilidade, mas nem sempre somente a luz natural consegue iluminar sozinha o ambiente cumprindo a função para qual o ambiente será utilizado. É quando entra o papel da iluminação artificial, ela complementa a iluminação natural, além de proporcionar a visão quando é noite.

A iluminação artificial proporciona também diversas vantagens que defendem a preferência pela sua utilização, pois obtém-se um melhor controle de todos os critérios que interfere na iluminação de um espaço, exemplo disso seria (SILVA, 2014):

- A temperatura da cor;
- Sua filtragem;
- Direção do foco luminoso;
- Potencia luminosa;
- Suavidade ou dureza da luz.

É possível conseguir uma melhoria de economia energética por meio de fatores acessíveis e que sejam ao mesmo tempo eficientes, sem acarretar em mais custos na execução ou em projetos, exemplo disso seria uma melhor distribuição das luminárias e dos circuitos elétricos, pensando na necessidade de acordo com a luz natural disponível no local separando as áreas que mais recebem e as que menos recebem iluminação natural (FRANDOLOSO, 2001).

Ainda segundo Frandoloso (2001), nos dias de hoje, é encontrado no mercado abundantes tecnologias com dispositivos de iluminação de diferentes formas, bem como lâmpadas que mostram uma maior eficiência luminosa, isto é, com uma relação maior existente entre fluxo luminoso a potência que é consumida (lm/W), juntamente com as luminárias reflexivas e reatores de alto fator de potência.

Segundo Silva (2009), atualmente no mercado tem-se quatro tipos de lâmpadas, que são: as lâmpadas de filamento; lâmpadas halógenas; lâmpadas de descarga, encontradas na forma de baixa pressão e alta pressão; e a light emitting diod (LED) que é a mais utilizada.

## 2.4 CONFORTO VISUAL

Ao se falar em conforto visual pensamos logo na iluminação, que é um fator imprescindível para se conquistar um melhor ambiente de aprendizado, já que ela afeta na legibilidade das informações (GRAÇA et al., 2007). O modo como as luminárias são dispostas pelo ambiente, com os critérios técnicos apropriados deve assegurar juntamente um conforto ambiental e uma economia de energia (MORAES; CLARO, 2013).

A luz é indispensável para o sistema visual poder atuar, porém ser ela for proporcionada de maneira errada, pode acarretar danos à saúde (BOYCE, 2010). A partir de uma iluminação apropriada para a tarefa visual e pros seus usuários, é que se consegue alcançar um conforto luminoso adequado.

O conforto visual é uma das fundamentais características que apresenta o agrado do usuário com o sistema de iluminação da edificação, sabendo que a mesma pode passar por alterações por vários motivos em relação a luz. Segundo Lamberts et al. (1997, p. 44), “A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento.”

Para determinar uma iluminação eficiente, Hopkinson et al. (1966) afirma que é necessário a definição das características da tarefa visual a ser desenvolvida em cada ambiente, para que essa informação possa ser relacionada ao dados experimentais básicos sobre qualidade visual, brilho e sensibilidade ao contraste. As recomendações sobre os níveis de iluminação precedem do conceito de eficiência visual, que é expressa em uma porcentagem do trabalho visual realizável para determinada tarefa, por pessoa com boa visão, sob uma iluminação adequada, sem dispersões visuais.

Em determinados ambientes, a iluminação não tem uma função diretamente relacionada com a tarefa a ser desenvolvida, é o caso da iluminação que vai expressar a arquitetura, criar um clima adequado, dar ênfase e estabelecer coerência visual (CIBSE, 2002 apud DIAS, 2011).

Considera-se então que a relação correta entre a iluminância e o desempenho alcançado vai mudar de acordo com o tipo de tarefa. Dessa forma, o local em que a tarefa expressa tiver uma baixa componente visual, logo a influência que a iluminância exerce sobre o desempenho dos usuários também será baixa,

porém onde a componente visual for um importante elemento de tarefa, a iluminância proporcionada vai ter uma ampla influência (CIBSE, 2002).

Conforme Ruck (et al., 2000), elevados contrastes de luz precisam ser evitados, para que haja uma boa visibilidade nos ambientes, fazendo-se necessário o uso de uniformidade em relação ao espaço de trabalho para que o olho humano não sofra com rápidas adaptações e a grandes variações da luz. Valores muito alto de iluminância sobre o local onde se encontra detalhes e objetos importantes para a realização da tarefa podem ocasionar em modificações na adaptação da visão e ainda causar confusão (CIBSE, 2002).

Algumas situações visuais que podem vir a causar incômodos, como cansaço ótico ou desconforto precisam ser evitados. Dores de cabeça, tontura e indigestão, visão dupla ou até mesmo irritação dos olhos são sintomas que o cansaço da visão pode causar (BOYCE, 2010). Por isso se deve evitar ofuscamentos que ocorrem quando o olho se depara com a fonte de iluminação, fazendo com que haja a perda parcial ou total da visão. Isso pode acontecer ainda quando se tem uma grande diferença de luminosidade na tarefa visual (RUCK et al., 2000).

Por isso, o controle das luminâncias das superfícies no ambiente de trabalho e, especialmente, no plano de trabalho, é fundamental. Uma boa distribuição da luz natural através do espaço contribui significativamente com a redução de variações excessivas de luminâncias. Também é importante controlar a luminância da porção de céu visível no plano das aberturas e a luminância das superfícies imediatamente adjacentes a essas aberturas (OSTERHAUS, 2005 apud DIAS 2011).

De acordo com Frandoloso (2001, p. 156):

O conforto visual nas edificações escolares revela-se de grande importância, visto que as tarefas visuais a serem desenvolvidas são frequentes no processo de aprendizagem: a leitura e a escrita, por exemplo. O conjunto de métodos de sociabilização e construção do conhecimento da criança exigem que o desempenho visual em escolas seja eficiente; para atingir esse objetivo, vários aspectos contribuem, tanto em termos quantitativos, como qualitativos, interferindo no ambiente visual



da sala de aula e demais compartimentos nos quais a acuidade e a precisão visual se fazem necessários.

O conforto visual necessita de alguns fatores que estão interligados com a iluminação, esses fatores serão abordados nos próximos itens.

### **2.4.1 Iluminância**

De acordo com a NBR 5413 (ABNT, 1992, P.1) a Iluminância é definida por “Limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero.” Ela é esclarecida pelo fato do fluxo de luminosidade não ser disposto de uma forma igual, logo a iluminação não será disposta da mesma forma em todas as zonas do ambiente. Por isso para se dizer que uma região se encaixa nos limites de iluminância exigidos, deve-se definir a média de iluminação de diversos pontos de um ambiente (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

O nível de iluminância que se deve alcançar para cada tarefa visual é obtido através de medições feitas em laboratórios e é encontrada em códigos e normas. A NBR 5413 (ABNT, 1992) descreve as condições que são indicadas nas normas, contudo ela descreve apenas a iluminação artificial. Já a NBR – 15215 (ABNT, 2005) que é a Norma Brasileira de Iluminação Natural, porém ela não estabelece critérios mínimos de luz natural necessária para determinada área.

A luz natural ocorre em níveis muito mais altos do que a luz artificial no interior dos edifícios. A luz do sol atinge 100.00 lux ou mais, enquanto que a iluminância interna fica geralmente abaixo dos 1.000 lux. Toda ‘medida’ da tecnologia da iluminação visa a evitar níveis de iluminância muito baixos e as normas estabelecem níveis mínimos de iluminância que, por serem mínimos, podem com certeza ser ultrapassados. E quais seriam os limites superiores? As pessoas geralmente consideram 500 lux em ambientes internos como ‘muito claro’ e 5.000 lux em ambientes externos como ‘muito escuro’ (ÇAKIR, 1998 apud BERTOLOTTI 2007).

## 2.4.2 Luminância

A luminância é entendida como uma parcela da luz que é incidida quando reflete em determinado plano, conforme diz a NBR 15215-4 (ABNT, 2004b, p. 4), por isso o olho humano percebe a superfície refletida como uma fonte de luz. Esse brilho que é encontrado é chamado de luminância, e varia muito em relação a posição e a direção a qual o usuário está olhando.

A diferença entre os brilhos das diversas superfícies de uma sala de aula é fundamental para a visualização de uma tarefa e deve ser mantida dentro de determinados limites porque quando o olho muda de uma tarefa visual para outra tem de se adaptar à luminância da nova tarefa. Se a diferença entre os níveis for grande, demandará mais tempo ao olho para se adaptar. Se esta diferença for muito grande, haverá desconforto visual (BERTOLOTTI, 2007).

Segundo Moreira (1982, p. 19):

“A unidade legal brasileira é a candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) também conhecida por nit: „luminância, em uma direção determinada de uma fonte com área emissiva igual a um metro quadrado, e cuja intensidade luminosa na mesma direção, é igual a uma candela.”

## 2.4.3 Contraste

“Contraste é definido pela relação entre a luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno imediato desse objeto” (LAMBERTS et al., 1997, p. 58). É apresentado em definições de iluminância, luminância e reflexão juntamente com as áreas. É possível se obter um contraste de cores através de uma luminância desigual, e de acordo com Egan e Olgay (2002), o contraste é adquirido por meio da diferenciação de luminâncias. O contraste trata-se de um “elemento vital para a percepção visual eficiente”, segundo ainda Egan e Olgay (2002).

De acordo com Benya (2003), são encontrados três variações de contrastes:

- O contraste de brilho é o fruto de uma parcela da luz que é emitida por algum plano, por exemplo, a variedade de sombras ou a modificação do contraste de cores claras e escuras;

- O contraste de padrões, transformação do entendimento de um modelo conhecido;
- E o contraste de cor, é a junção de cores parecidas.

A elevação de um contraste juntamente com o objeto e seu entorno amplia a visibilidade sem que haja a obrigação de uma iluminação a mais. Sendo que um grande índice de contraste pode produzir ofuscamento.

Segundo Lamberts et al. (1997, p. 58):

“Em pleno dia podemos perceber diferenças de luminâncias de até 1%, mas sob condições precárias de iluminação até diferenças de 10% podem passar despercebidas. A sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da luminância, que por sua vez é função da iluminação, até certos limites (possibilidade de ocorrer ofuscamento). Uma aplicação importante da sensibilidade ao contraste é a iluminação de sinalização de emergência tipo “SAÍDA”. No caso de incêndio deve haver um alto contraste entre o sinal e o ambiente cheio de fumaça para permitir que o mesmo seja visível.”

O contraste pode ser verificado de uma maneira bem simples, analisando os valores da proporção de luminâncias na figura 1.

Figura 1: Tabela de proporção de luminâncias para avaliação de contraste.

Proporção	Relação
• Entre a tarefa e o entorno imediato	3 : 1
• Entre a tarefa e superfícies escuras mais afastadas	10 : 1
• Entre a tarefa e superfícies claras mais afastadas	0,1 : 1
• Entre a fonte de luz (natural ou artificial) e superfícies adjacentes	20 : 1
• Máximo contraste em qualquer parte do campo de visão.	40 : 1

(Fonte: LAMBERTS et al., 1997, p. 59)

#### 2.4.4 Ofuscamento

O ofuscamento ocorre “quando o processo de adaptação não transcorre

normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou a uma velocidade muito grande, experimenta-se uma perturbação, um desconforto ou até mesmo uma perda na visibilidade” (PEREIRA E SOUZA, 2000). E ainda os autores dizem que o ofuscamento pode ocorrer devido a dois fatores, que são:

- Contraste: no momento em que a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual for maior do que 10:1;
- Saturação: a visibilidade fica saturada conforme a luz vai aumentando, e essa saturação vem a ocorrer quando a luminância encontrada no ambiente excede a 25.000cd/m<sup>2</sup>.

Pode-se encontrar dois tipos de ofuscamento: que são os desconfortáveis e inabilitadores. O ofuscamento desconfortável está predisposto a fixar os olhos em objetos e pontos que emitem brilho dentro de um determinado campo visual, sem que haja um impedimento na realização de tarefas visuais. Já o ofuscamento inabilitador ele impossibilita a realização de tarefas e muitas vezes pode ser perigoso para a visão. E esse tipo de ofuscamento pode ser encontrado em três tipos:

- “Espalhamento de luz pelo cristalino produzindo uma luminância na retina que encobre a imagem da cena;
- Tempo insuficiente do olho para adaptar-se a uma diferença de luminâncias;
- Imagens fantasmas, produzidas por flash de câmeras fotográficas, visão do sol, faróis, etc.” (TAVARES, 2007, p. 35).

Segundo Frandaloso (2001) o efeito do ofuscamento na iluminação natural acontece quando há visão direta para o sol, ou emitida através da abóboda celeste, com uma iluminância elevada, alto contraste, com entorno, referindo-se ao local em que a janela está inserida no ambiente e sua orientação. A influência da radiação solar direta, sem questionamento, causa efeitos que não são nada convenientes, fazendo com que haja necessidade de elementos de proteção e controle, conforme os princípios já falados e tanto quanto a concepção das aberturas e o objeto exclusive da fenestração.

Sendo assim, o conforto visual terá grande influência sobre o desempenho dos usuários quando este componente for um importante elemento da tarefa.

No caso do ambiente escolar o conforto visual é fundamental para o processo de aprendizagem do usuário, pois nesse processo as tarefas visuais são

regulares. O conforto interfere diretamente na produtividade e na qualidade de vida dos alunos que habitam aquele espaço.

Não deve ser considerada apenas a estética, mas também a funcionalidade de cada ambiente, a luz deve ser aplicada especificamente para cada local. A luz pode ser dinâmica, ambiente, de destaque, e com ela podem ser criados ambientes flexíveis para melhor desenvolvimento das tarefas.

## 2.5 ANÁLISE DA NORMA TÉCNICA REFERENTE À ILUMINÂNCIA

A norma apropriada à iluminação em ambientes escolares é prevista pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a ABNT NBR ISO 8995-1, que a partir de 2013 substitui a NBR 5413 (Iluminância de interiores – Especificação) e NBR 5382 (Verificação de iluminância de interiores).

Essa norma, a ABNT NBR ISO 8995-1, entrou em vigor em 21 de abril de 2013, e ela especifica os critérios de iluminação para ambientes internos de trabalho para a execução de tarefas visuais com conforto, segurança e de uma maneira eficaz.

Segundo a ABNT NBR ISO 8995-1, é necessário que a qualidade e a quantidade da iluminância façam-se apropriadas para os locais internos, já que a tarefa visual submete-se a forma pela qual a luz é distribuída, pelas características da cor de fonte de luz e da área associada com o nível de ofuscamento. A norma ainda diz que a iluminação no local de trabalho pode ser feita por fontes naturais, artificiais ou até mesmo combinando as duas.

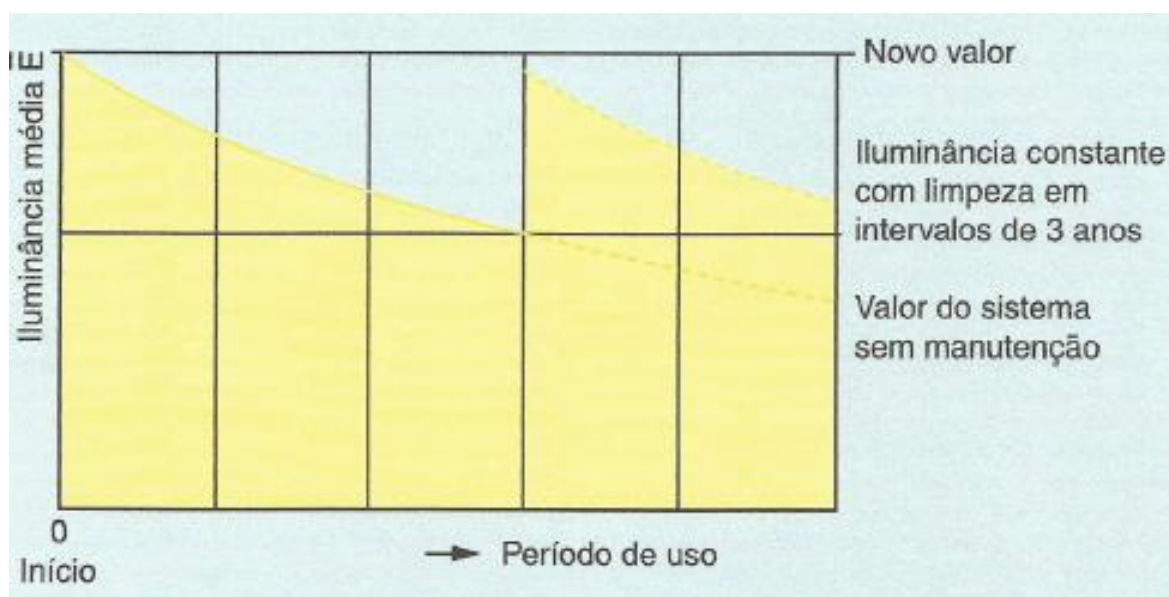
Diferente das normas NBR 5413 e NBR 5382, a NBR ISO 8995-1 determina novas medidas e condições de qualidade ao projeto de iluminação, que está relacionado ao controle de ofuscamento (nível de UGR), índice de reprodução da cor e na iluminância de critérios e funções quantitativo do auxílio dos níveis de iluminação. São encontrados na norma quatro anexos que são para total esclarecimento, que abordam: considerações para áreas de tarefa e áreas de entorno; malha de cálculo para projetos luminotécnicos; controle de ofuscamento e por fim, manutenção do sistema de iluminância.

A norma aponta importantes informações sobre a manutenção do sistema de iluminação que são:

Com o aumento do tempo de serviço, o fluxo luminoso entregue por um sistema de iluminação diminui com o envelhecimento das lâmpadas e das luminárias e o acúmulo de pó. A queda do fluxo luminoso depende da escolha das lâmpadas, luminárias e dispositivos de operação, como também das condições de operação e do ambiente no qual elas estão expostas. A fim de garantir que um nível específico de iluminação – expresso pela iluminância mantida – seja alcançado por um período de tempo razoável, um fator de manutenção adequada precisa ser aplicada pelo projetista de iluminação, a fim de que seja levada em consideração esta diminuição no sistema de fluxo luminoso. (ABNT NBR ISO 8995-1:2013, p.40).

Dessa forma, ainda segundo a norma, o fator de manutenção é associação entre a iluminação existente com o nível de iluminação do novo sistema, que é representado na figura abaixo.

Figura 2: Manutenção do sistema de iluminação.



Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1: (2013).

### 3 ESTUDO DE CASO

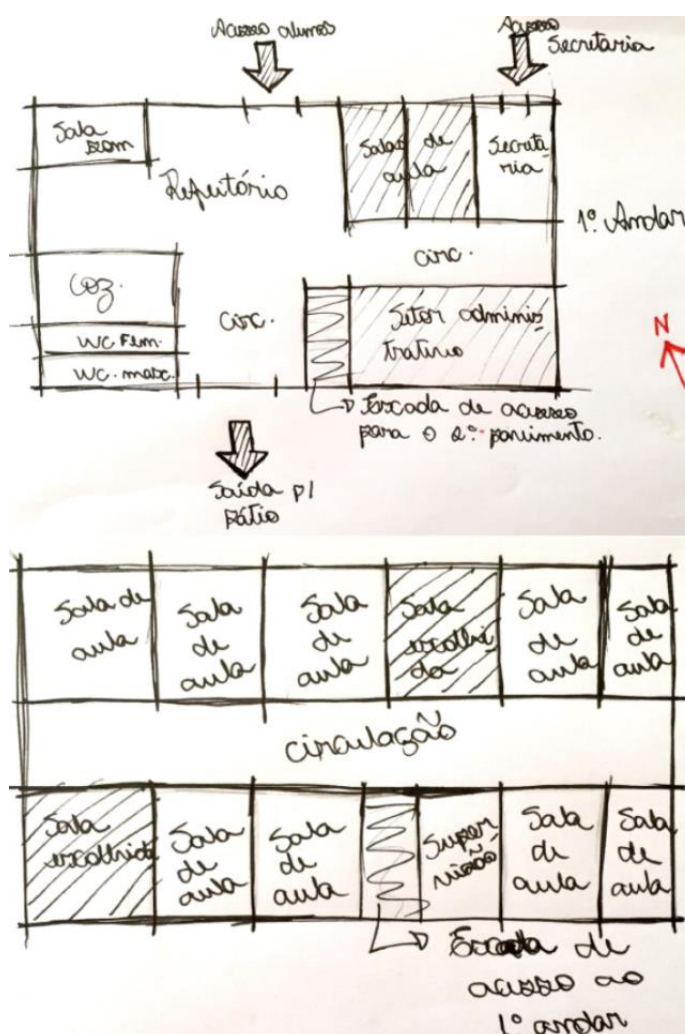
#### 3.1 ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL CID ADALBERTO DOS REIS

Para melhor desenvolvimento do presente trabalho, foi realizado um estudo de caso na escola municipal de ensino fundamental Cid Adalberto dos Reis. Situada na rua Valdomiro Cardoso, no bairro Juparanã em Linhares – ES, onde foram levantados características das salas de aula que serão analisadas.

A escola foi fundada no dia 09 de maio de 1986, e recentemente, no ano de 2014, foi feita uma reforma.

O prédio é composto por 2 pavimentos (figura 3). A edificação tem um total de 13 salas, sendo duas salas no primeiro pavimento e 11 salas no segundo, com uma capacidade de 30 alunos por sala, e seu funcionamento é apenas no horário matutino e vespertino.

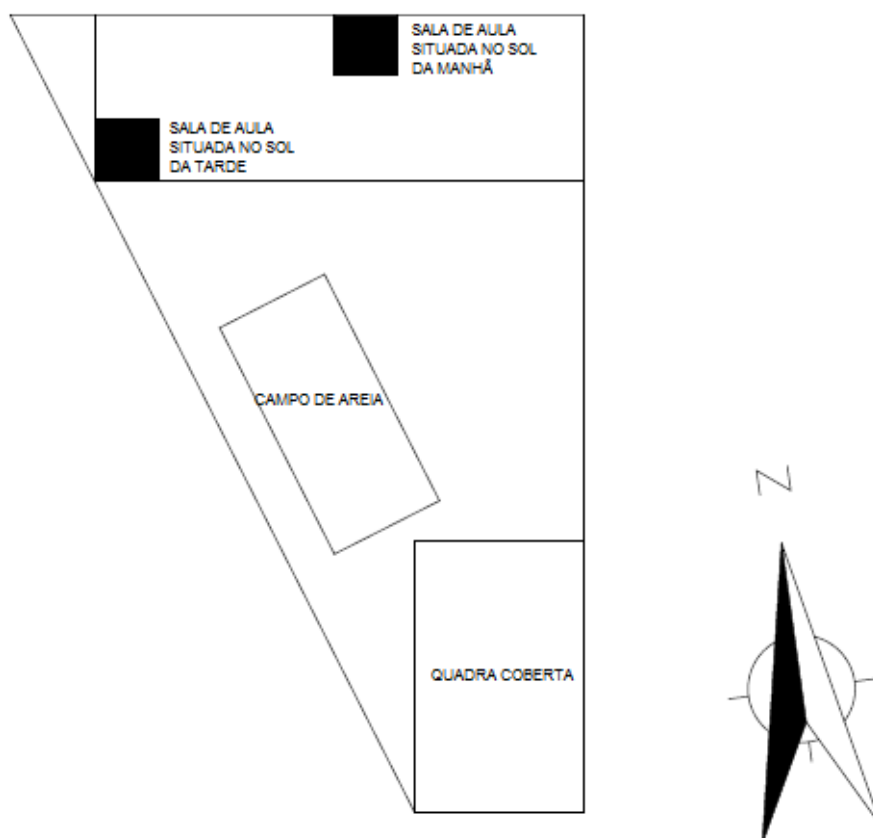
Figura 3: Croqui planta baixa da escola.



Fonte: Acervo pessoal (2017)

Como a escola só tem só 11 salas de aula, e elas estão dispostas em fachadas diferentes, a análise será desenvolvida em duas salas de aula e a sala dos professores, a primeira, denominada sala 01 fica localizada na fachada principal do prédio que tem incidência com sol da manhã, a segunda, denominada de sala 02 fica localizada na parede oeste do prédio com incidência de sol da tarde, conforme a figura 4, e a sala dos professores que também fica localizada na parede oeste do prédio com incidência de sol da tarde, e essas salas foram escolhidas para que se tenha uma comparação de como é a incidência solar da sala 01, sala 02, e sala dos professores, já que ambas então dispostas em uma orientação solar diferente.

Figura 4: Planta esquemática da localização das salas.



(Fonte: Acervo pessoal, 2017)

As salas de aula possuem medidas padrão de 7,36x7,37m, com um pé direito de 2,95m. Elas dispõem de duas janelas de correr com estrutura de alumínio e vidro incolor, com as seguintes dimensões: 3,00 de largura x 1,59 de altura com



peitoril de 1,37; existe uma tela de metal na parte de fora das janelas para proteção, e não há presença de elementos externos para proteção solar. Entretanto, dentro das salas de aula, encontra-se cortinas em tecido para amenizar a incidência solar, e a parede oposta a parede das janelas encontra-se a presença de elementos vazados (cobogós) para que haja uma ventilação cruzada na sala de aula como pode-se observar nas figura 5.

Figura 5: Fotografia lateral da sala 02, que tem as mesmas características da sala 01.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Como pode ser visto na figura 6 as portas são de madeira com pintura em cinza claro e suas dimensões seguem um padrão de 80x2,10m. O teto é em pintura branco neve, assim como as paredes, porém vai de 1,50m até o teto, e de 1,50m até o chão tem-se uma pintura na cor cinza claro. Já o piso das salas são do tipo granilite e possuem rodapé em granito branco siena com altura de 10cm.

Figura 6: Fotografia interior sala 02.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Em relação ao sistema de iluminação artificial, as salas possuem quatro luminárias, e ambas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares T10 cada, e possuem no total quatro ventiladores de teto por sala. E há dois interruptores de acionamento conjunto para todas elas, apenas separado dos quatro ventiladores de teto que também possuem acionamento conjunto como pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Fotografia parede lateral do corredor da sala 01.

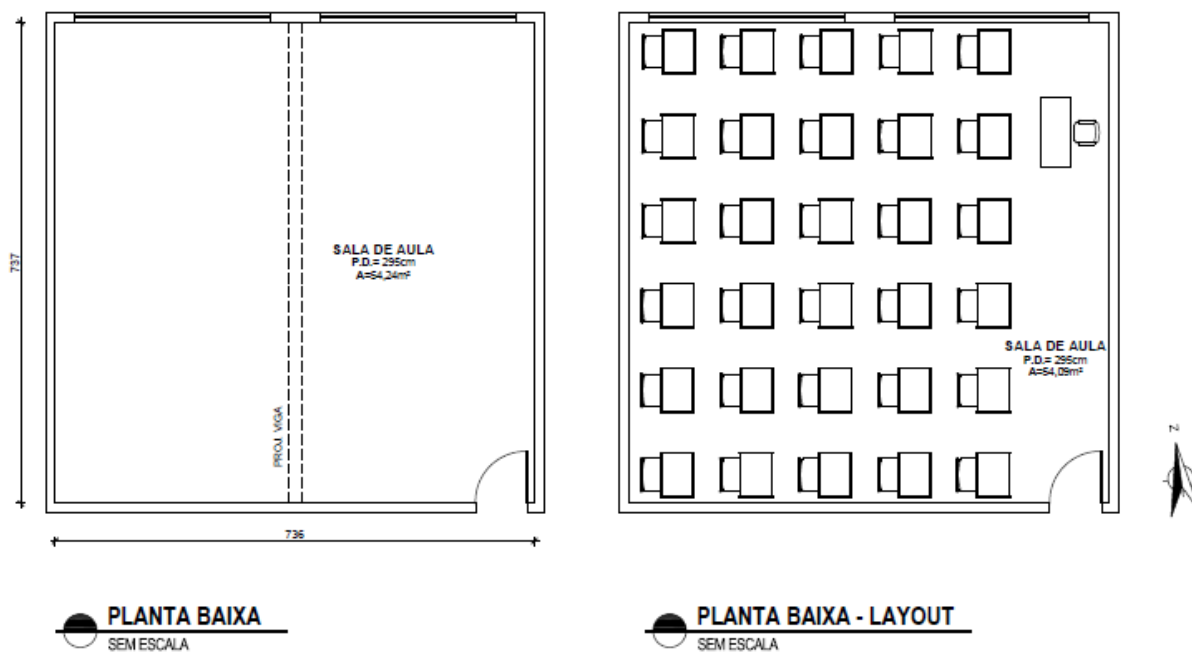


Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Durante as medições e análise da edificação, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação. Porém, segundo informações dos funcionários da escola, há pouco tempo haviam 74 lâmpadas queimadas por toda escola, mas já foram concertadas, e um fato importante é que a escola, mesmo após a reforma, continua com a mesma fiação de energia de quando ela foi fundada. Entretanto, a iluminação artificial é mais utilizada somente no período de inverno, onde as salas não recebem iluminação natural suficiente, e por isso elas acabam ficando mais escuras, levando assim a utilização das lâmpadas o dia todo.

Ao longo do ano (exceto no inverno) somente a luz natural é suficiente para iluminar todas as salas de aula. Na sala 01 (figura 8 e figura 9), não há ofuscamento, nem entrada de luz com intensidade muito alta, e o uso da cortina acontece somente quando é usado o projetor Datashow.

Figura 8: Plantas baixas da sala 01.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

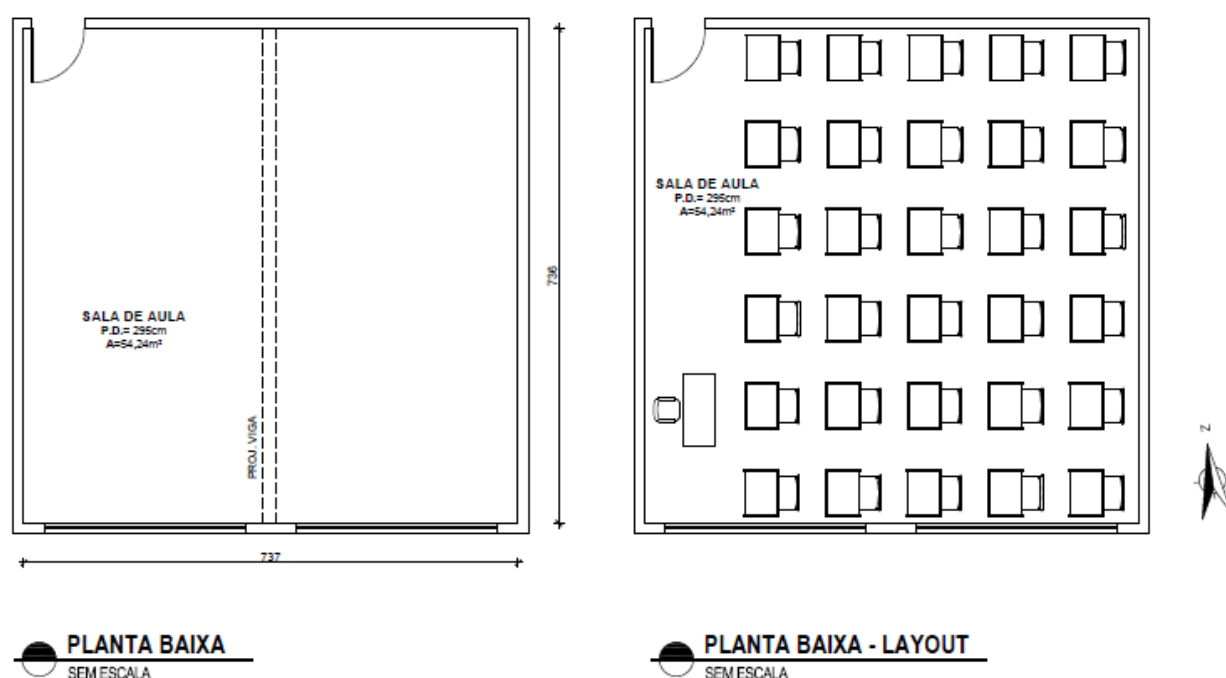
Figura 9: Fotografia frente da sala com 01.



(Fonte: Acervo pessoal, 2017)

Já na sala 02 (figura 10 e figura 11), segundo os funcionários da escola “é insuportável ficar dentro da sala” pois o sol é muito forte e não encontra-se nenhum dispositivo externo para amenizar a insolação, a sala que foi feita a análise é a última do corredor, e não há presença de nenhum elemento externo, como árvores, entre outros, que faça sombra sob a mesma. A reclamação vem principalmente quando o sol bate na lousa e causa um ofuscamento, com isso as janelas e cortinas ficam fechadas causando um desconforto térmico muito grande.

Figura 10: Plantas baixas da sala 02.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Figura 11: Fotografia frente da sala 02.

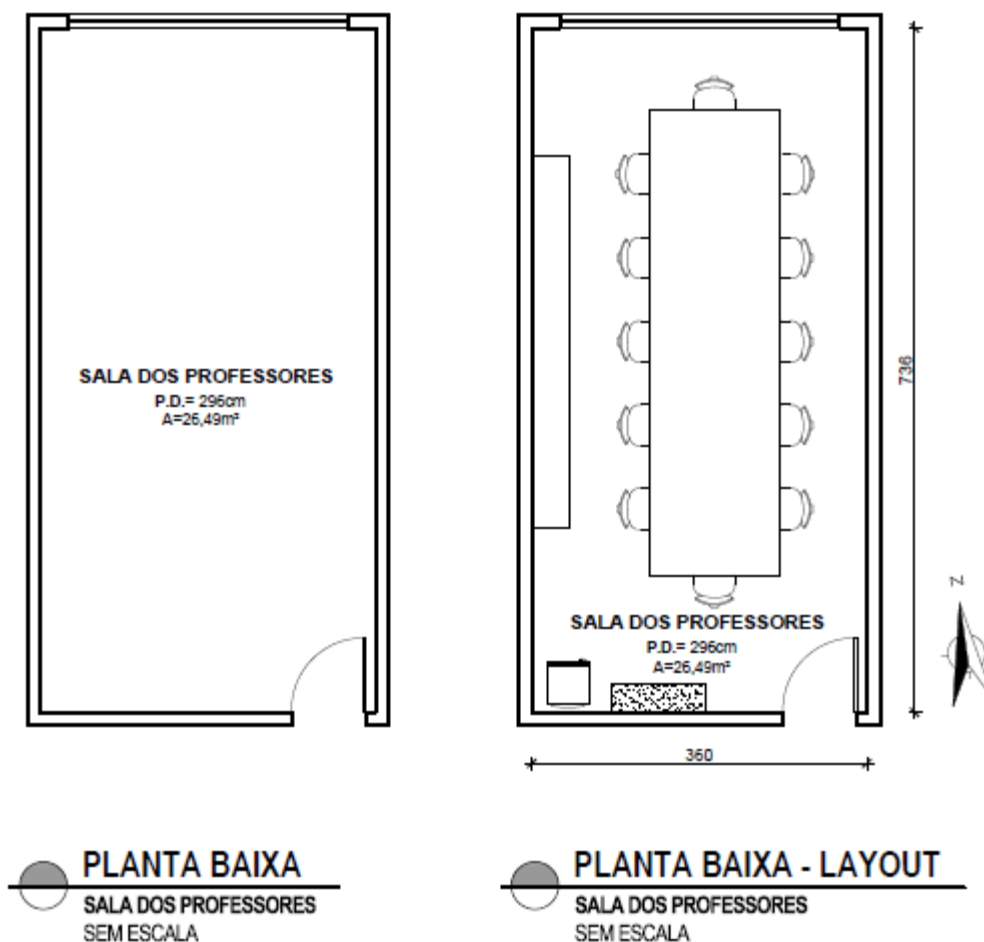


Fonte: Acervo pessoal, (2017)

A sala dos professores (figura 12) possui medidas de 3,60x7,36m, com pé direito de 2,96m. Ela possui apenas uma janela de correr com estrutura de alumínio e vidro incolor, com as seguintes dimensões: 3,00m de largura x 1,60 de altura e peitoril de 1,37m; existe uma grade na parte de fora das janelas, e não há presença de elementos externos para proteção solar.



Figura 12: Plantas baixa da sala dos professores.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Como pode ser visto na figura 13 a porta é de madeira com pintura cinza claro e suas dimensões seguem um padrão de 80x2,10m. O teto é em pintura branco neve, assim como as paredes, e o piso das salas são do tipo granilite e possuem rodapé em granito branco siena com altura de 10cm. E há dois interruptores de acionamento, um para as luminárias e um para os ventiladores.

Figura 13: Fotografia da sala dos professores.

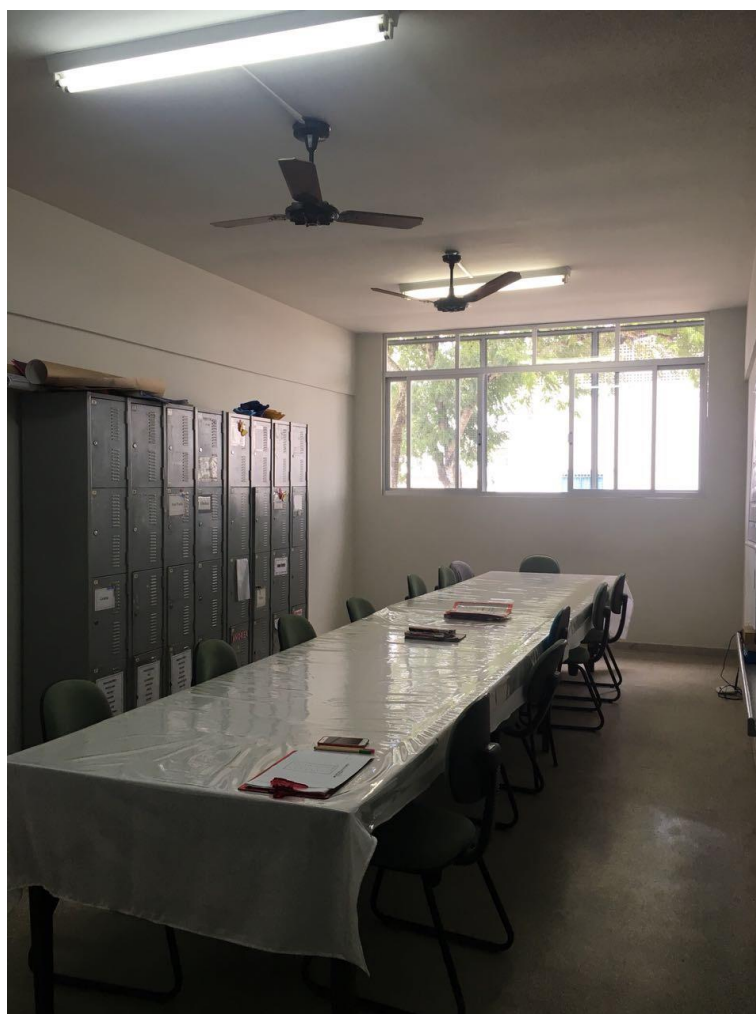


Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Em relação ao sistema de iluminação artificial, a sala dos professores possui duas luminárias, e ambas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares T10, e possui no total, dois ventiladores de teto na sala, conforme a figura 14.



Figura 14: Fotografia entrada da sala dos professores.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Durante a análise das salas em estudo a sala dos professores não apresentou grande desconforto quanto a iluminação, mesmo estando localizada com incidência do sol da tarde, os próprios professores que a utilizam disseram que ela só apresenta desconforto no período do verão, quando o sol está mais quente, conseqüentemente a sala também fica.

Por meio do estudo de caso, é possível ter uma melhor compreensão dos problemas encontrados nas salas analisadas, porém somente a sala 02 apresenta problemas maiores. A sala 01 no período em que foi feita a análise, segundo funcionários da escola e por meio da observação, a sala não apresentou problemas graves, exceto que no período de inverno a iluminação natural fica ineficiente, necessitando assim que haja um suporte para uma iluminação eficiente. Mas na

sala 02 os problemas vão além do conforto visual, eles afetam até mesmo o conforto térmico, pois com o sol forte e ausência de elementos externos que ajudam a amenizar a incidência do sol na sala de aula, as janelas e cortinas precisam ser fechadas e com isso há um bloqueio da ventilação cruzada existente, fazendo assim com que a sala fique abafada e quente, e o uso intenso da iluminação artificial, fazendo com que possa existir uma deficiência na aprendizagem.

## 4 PROCEDIMENTOS PARA AS MEDIÇÕES

Durante o processo de medição das salas de aula foi utilizada a NBR 15215 – 4 (Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição) (ABNT2004).

Para verificação mínima do nível de iluminação natural, é preciso levar em consideração alguns procedimentos para as medições, sendo:

- O céu deve estar parcialmente encoberto por nuvens;
- Considerar a quantidade de luz no ponto e plano que a tarefa for realizada;
- Evitar sombras causadas pela posição da pessoa;
- Deixar o sensor paralelo ao plano a ser avaliado;
- Expor o equipamento a luz pelo menos cinco minutos antes de ser utilizado
- Efetuar as medições à uma superfície horizontal a 75cm do piso, se a altura do plano de trabalho for desconhecida.

Na próxima etapa é de preciso determinar o número de pontos necessários, e para isso deve-se utilizar a seguinte equação que irá determinar o valor de (K):

$$K = \frac{C * L}{Hm * (C + L)}$$

Onde temos:

C: o comprimento em metros do ambiente

L: a largura em metros do ambiente

Hm: é a distância vertical, também em metros, entre o plano de trabalho e o final da janela, porém, se o peitoril da janela se encontrar a mais de 1m acima da superfície de trabalho, então deve-se adotar Hm como a distância entre o plano de trabalho e o peitoril da janela, de acordo com a figura 16.

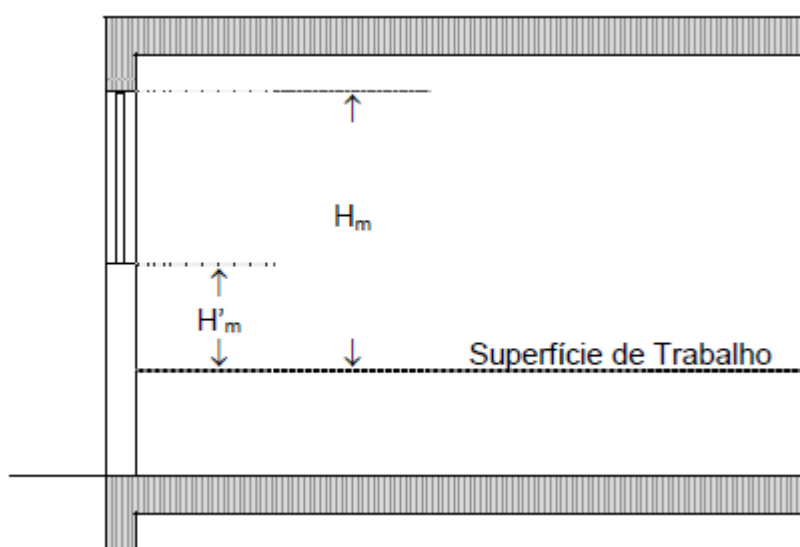
Após encontrar o valor de (K), deve-se consultar a tabela (figura 15) para achar a quantidade mínima de pontos a ser medido.

Figura 15: Tabela de quantidade mínima de pontos a serem medidos.

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215-4

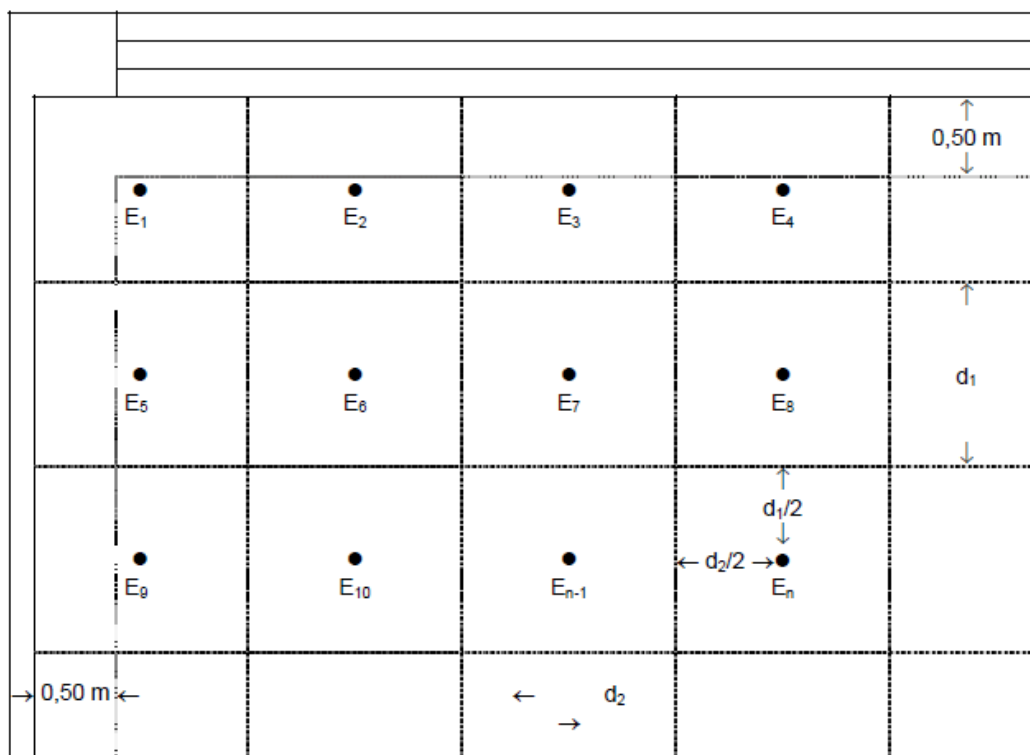
Figura 16: Determinação de  $H_m$ .



Fonte: NBR 15215-4

A seguir, deve-se fazer uma malha de pontos para a realização da medição. A malha é feita a partir da planta baixa do ambiente que deve ser dividido em áreas iguais, e a iluminação é medida no centro de cada área, levando em conta que os pontos da malha não devem ficar muito próximos das paredes, mantendo uma distância mínima de 0,50m (figura 17).

Figura 17: Malha de pontos para medições.



Fonte: NBR 15215-4

#### 4.1. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS MÍNIMOS

Como ambas as salas de aulas tem a mesma metragem, logo apenas um cálculo foi utilizado para determinação dos pontos.

Características:

Comprimento: 7,37m

Largura: 7,36m

$$K = \frac{C*L}{Hm*(C+L)} = \frac{7,37*7,36}{2,24*(7,37+7,36)}$$

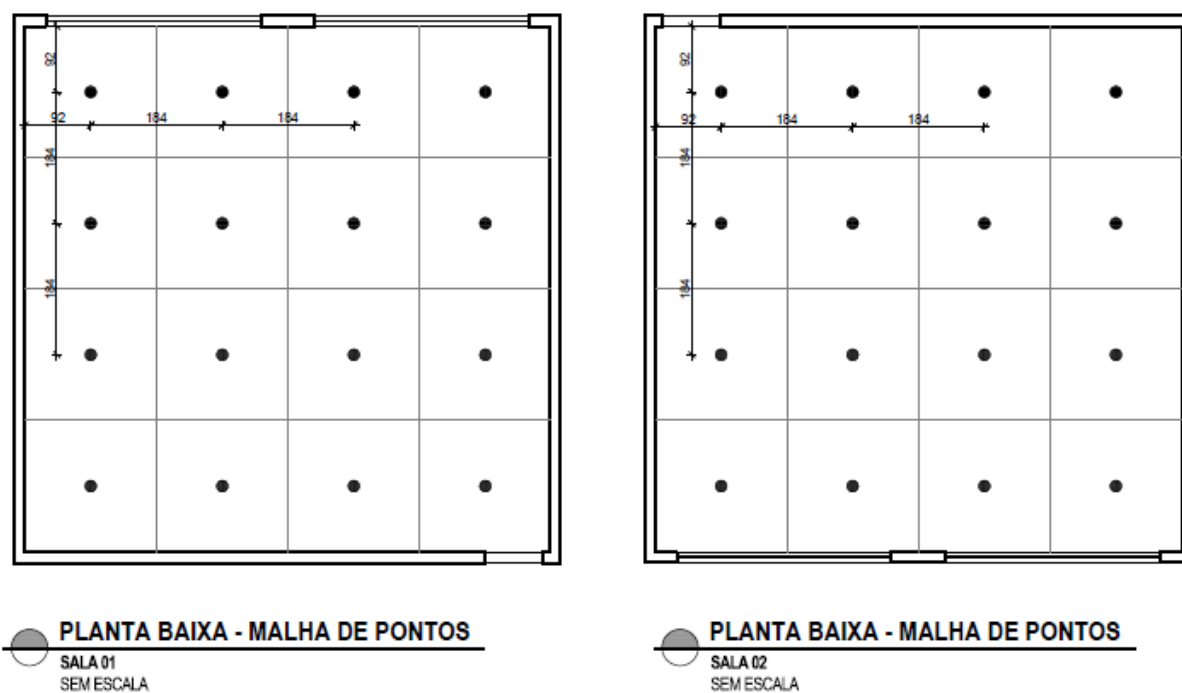
$$K = 1,64$$

Na tabela K:  $1 \leq K < 2$  considerar então 16 pontos.

Para locar os pontos na malha, é preciso pegar a área da sala, que é 54,24 e dividir pela quantidade de pontos que no caso é 16, o resultado desse valor é

3,39, e como as salas são quadradas, é só tirar a raiz quadrada desse valor, que resulta em 1,84, ou seja, os 16 pontos que irão ficar com uma distância de 1,84 entre cada um, e uma distância de 0,92 da parede, de acordo com a figura 18.

Figura 18: Plantas baixa das salas 01 e 02 com a malha de pontos.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Já a sala dos professores, possui medidas diferentes, por isso, um novo cálculo deve ser feito para encontrar o valor de K.

Características:

Comprimento: 7,36m

Largura: 3,60m

$$K = \frac{C \cdot L}{Hm \cdot (C + L)} = \frac{7,36 \cdot 3,60}{2,22 \cdot (7,36 + 3,60)}$$

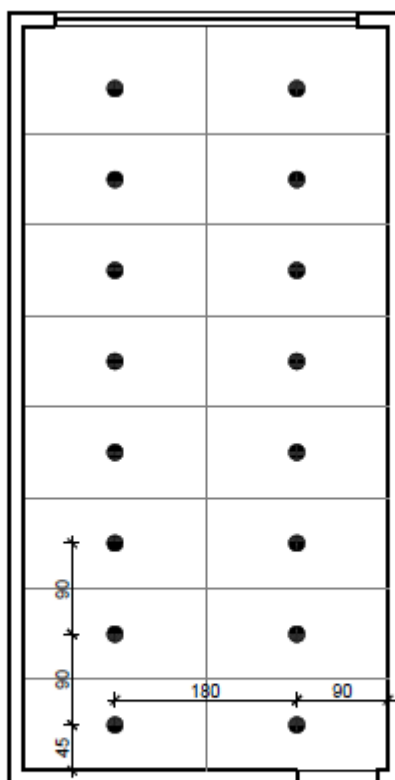
$$K = 1,08$$


Na tabela K:  $1 \leq K < 2$  considerar então 16 pontos.

Para locar os pontos na malha, repete-se o processo de dividir a área da sala, que é 26,49 pela quantidade de pontos, que é 16, o resultado é de 1,65.

Porém, como a sala dessa vez é retangular, não se deve tirar a raiz quadrada de 1,65 e sim fazer uma proporção, que resulta no valor de 0,45 da parede até o ponto, e 0,90 e 1,80 de um ponto a outro, conforme a figura 19.

Figura 19: Planta baixa da sala dos professores com a malha de pontos.



 **PLANTA BAIXA - MALHA DE PONTOS**  
SALA DOS PROFESSORES  
SEM ESCALA

Fonte: Acervo pessoal (2017)

## 4.2 MEDIÇÃO DA ILUMINAÇÃO

O processo de medição dos níveis de iluminação nas salas de aula selecionadas e sala dos professores, aconteceram entre os dias: 11/10/17 no horário vespertino das 14:30 até 16:00, e no dia 17/10/17 no horário matutino das 10:20 até as 11:40. Nas análises, foi considerado: a utilização da iluminação natural, depois à iluminação natural com o auxílio da iluminação artificial, e por

último a iluminação artificial. Observando os fatores que poderiam influenciar no resultado, como a condição de uso das janelas; presença de dispositivos externos de proteção solar; condição do céu e do sol; e de sombreamento sobre a superfície medida.

Durante as medições foi utilizado o aplicativo de celular Luxímetro Dr. LED, calibrado por um luxímetro digital.

A altura em que foi realizado o recolhimento da iluminância foi de 72cm acima do piso, o que equivale à altura da superfície de trabalho dos alunos, no caso, a carteira. Teve-se o cuidado para evitar sombreamento próximo à área de medição para que não influenciasse nos resultados obtidos com valores em lux.

Após concluir o levantamento lumínico, os resultados foram analisados e comparados com a norma que estabelece os requisitos de iluminação.



## 5 RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DE CASO

Após concluir a medição das iluminâncias, os resultados foram analisados e comparados com a norma que estabelece os requisitos de iluminação, a NBR ISO 8995-1.

Abaixo, na figura 20, tem-se os resultados da medição da sala 01, onde há três colunas com valores somente da luz natural, da luz artificial e natural (combinada) e por fim apenas da luz artificial.

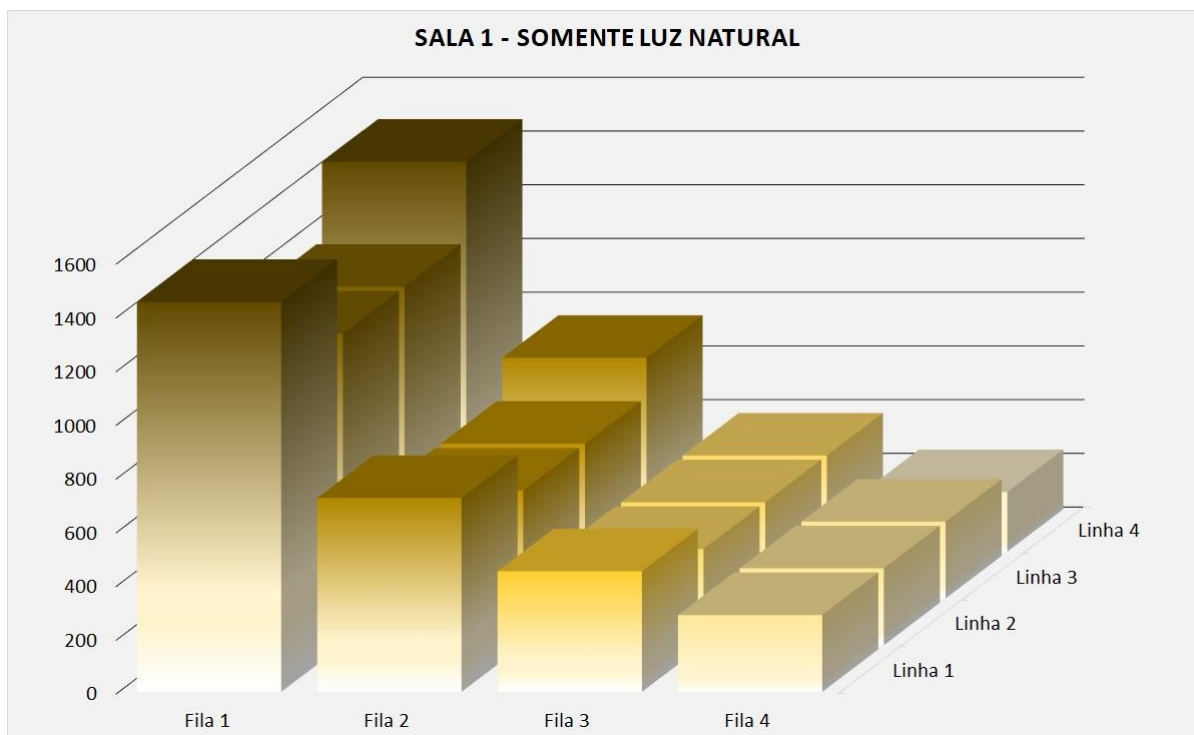
Figura 20: Tabela com resultado da medição da sala 01.

SALA 1		Somente Luz Natural (em lux)				Artificial + Luz Natural (em lux)				Somente Luz Artificial (em lux)			
		Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
JANELAS	Linha 1	1452	722	449	286	1452	906	578	451	141	178	112	112
	Linha 2	1160	576	358	286	1452	906	602	481	112	112	112	87
	Linha 3	1160	576	358	286	1452	906	481	360	112	112	87	68
	Linha 4	1452	722	358	222	1816	906	481	360	112	112	68	54
MÉDIA		651				849				106			

Fonte: Acervo pessoal (2017)

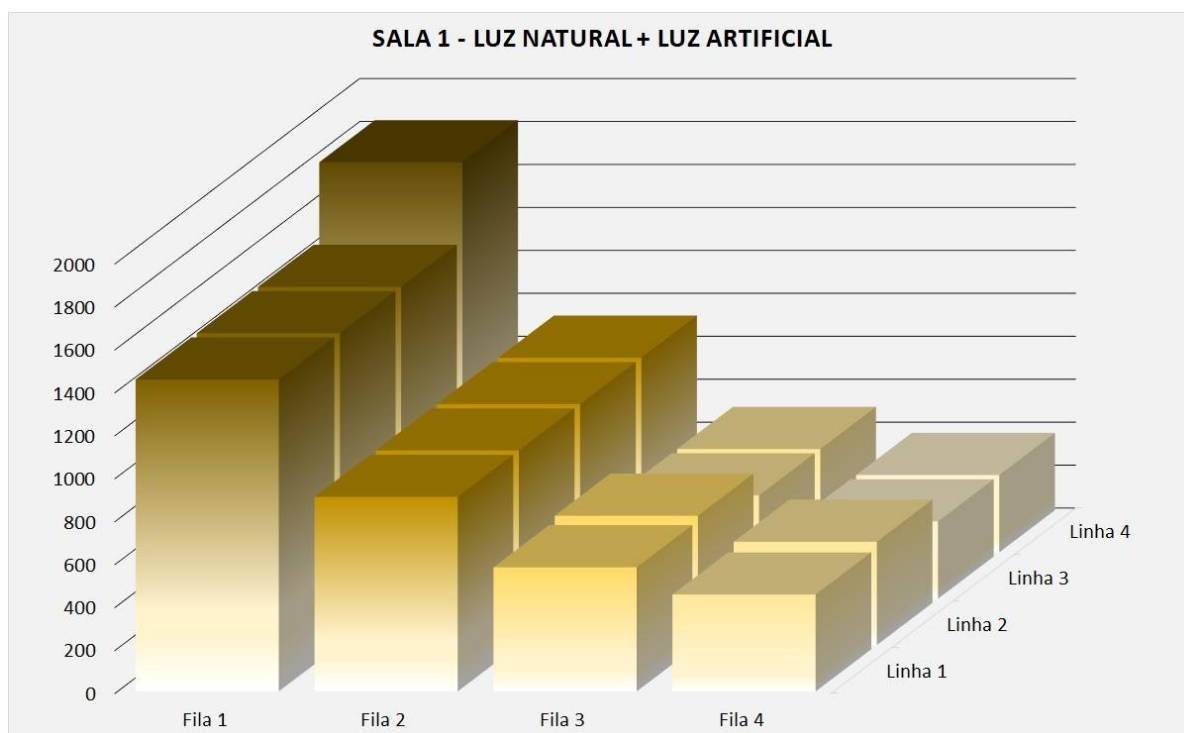
Nas figuras 21, 22 e 23 a seguir, tem-se uma melhor visão das alterações de índices encontrados pela sala de aula 01.

Figura 21: Gráfico 01 - valores de iluminação natural da sala 01.



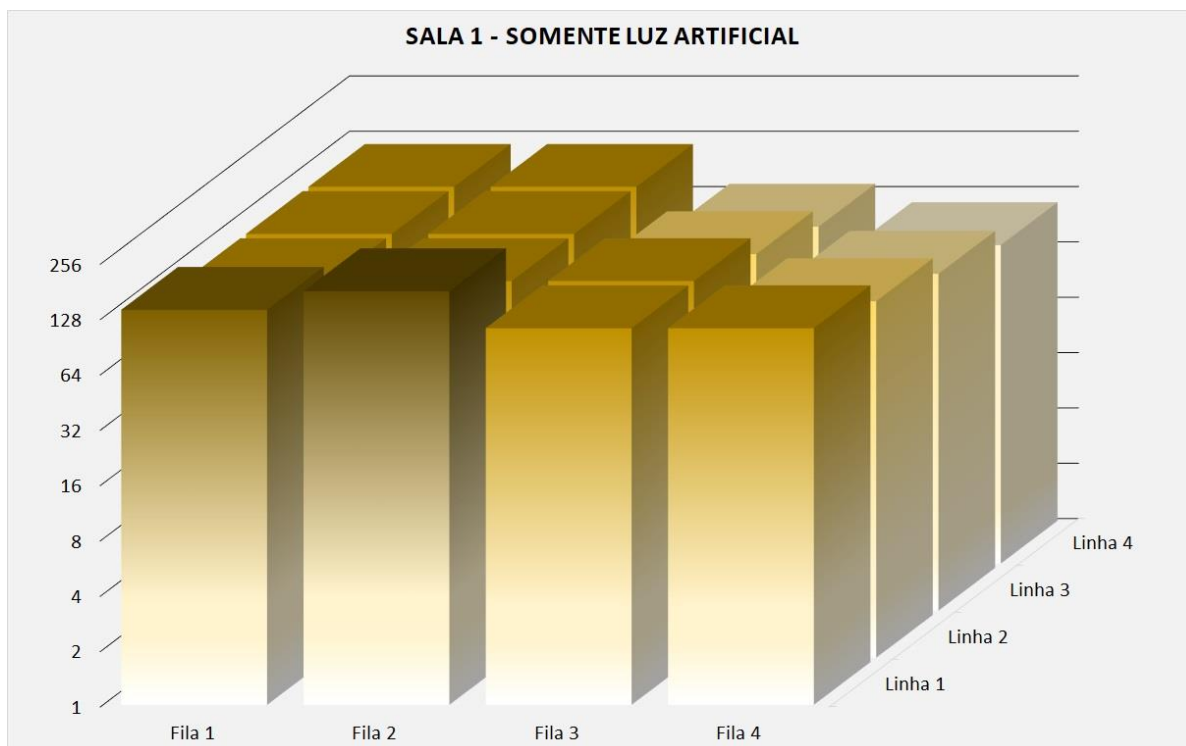
(Fonte: Acervo pessoal (2017))

Figura 22: Gráfico 02 - valores de iluminação natural e artificial da sala 01.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Figura 23: Gráfico 03 - valores de iluminação artificial da sala 01.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Ao observar as tabelas e os gráficos, percebe-se que a iluminação dentro da sala não é uniforme, ela é mais intensa na fila 1 que fica próxima à janela e tem um decaimento ao longo das outras filas, principalmente na fila 4, onde sua intensidade é já bem fraca.

Na sala 02 se repete o processo de medição (figura 24), tem-se três colunas com valores somente da luz natural, da luz artificial e natural (combinada) e por fim apenas da luz artificial.

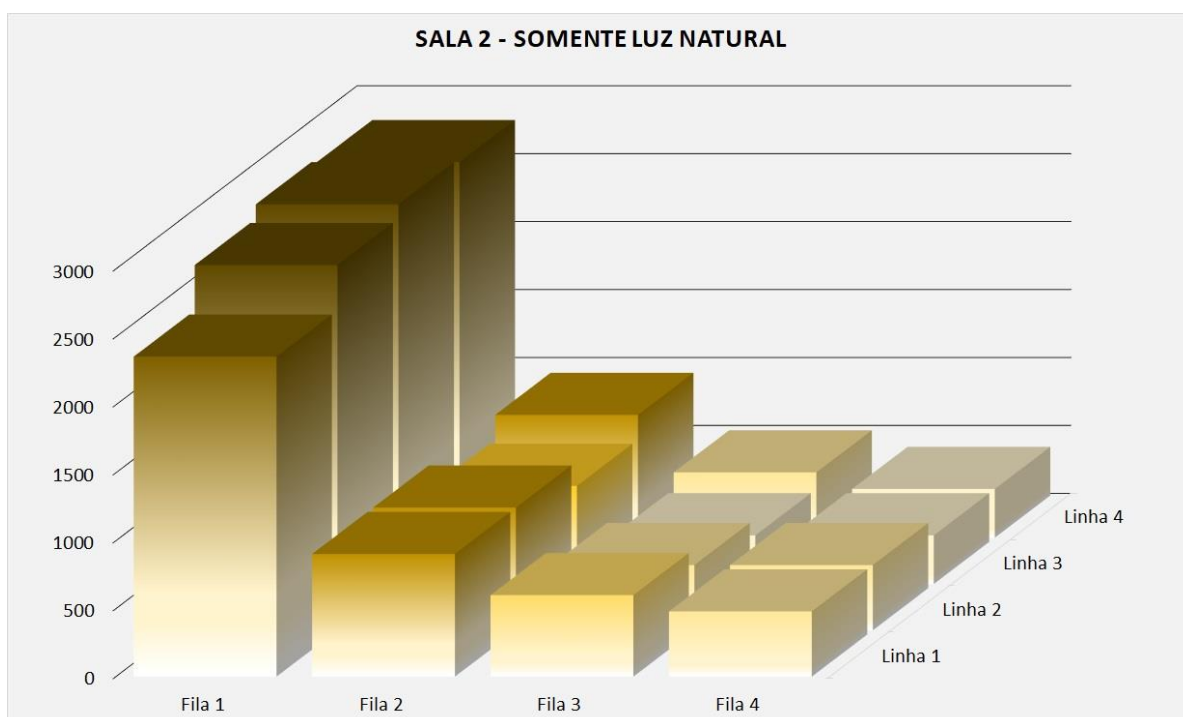
Figura 24: Tabela com resultado da medição da sala 02.

SALA 2		Somente Luz Natural (em lux)				Artificial + Luz Natural (em lux)				Somente Luz Artificial (em lux)			
		Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4	Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
JANELAS	Linha 1	2355	903	600	480	3474	1157	722	600	141	141	112	112
	Linha 2	2688	903	480	480	2824	1157	722	600	141	141	141	112
	Linha 3	2794	722	358	358	3353	903	722	480	141	141	141	141
	Linha 4	2763	903	480	358	2854	1157	722	600	177	177	177	141
MÉDIA		1102				1378				142			

Fonte: Acervo pessoal, (2017)

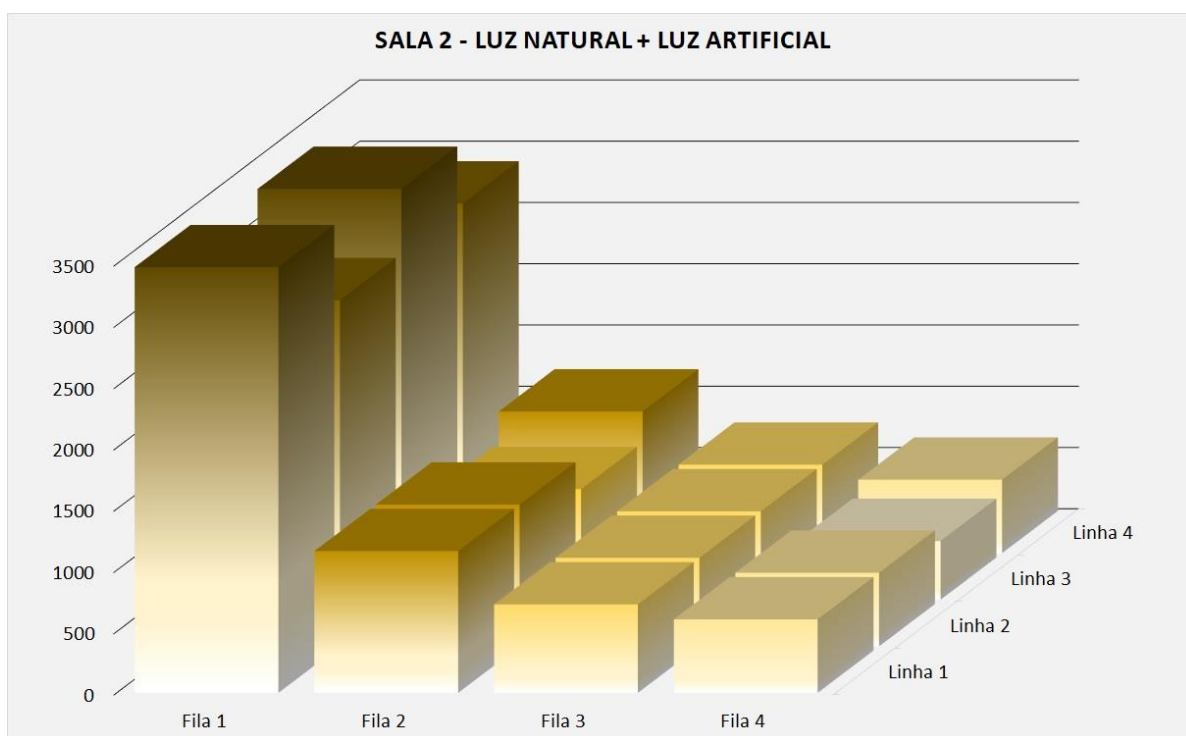
Abaixo, segue as figuras 25, 26 e 27 que mostram de uma forma mais clara as alterações de índices encontrados pela sala de aula 02.

Figura 25: Gráfico 04 - valores de iluminação natural da sala 02.



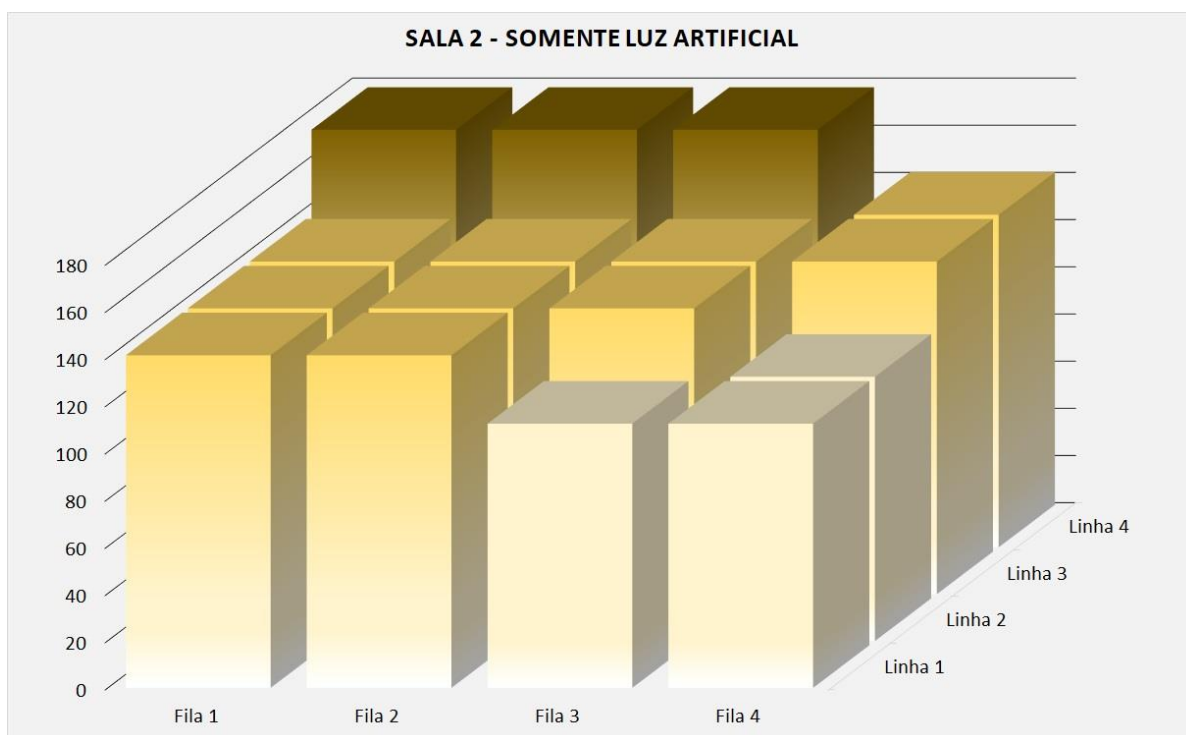
Fonte: Acervo pessoal (2017)

Figura 26: Gráfico 05 - valores de iluminação natural e artificial da sala 02.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Figura 27: Gráfico 06 - valores de iluminação artificial da sala 02.



Fonte: Acervo pessoal (2017)

E por fim, na figura 28, apresenta os resultados da medição da sala dos professores, onde há somente duas colunas, uma com valores somente da luz natural, e a outra com luz artificial e natural (combinada), pois, diferente das salas de aula, a sala dos professores não possui cortina para bloqueio do sol.

Figura 28: Tabela com resultado da medição da sala dos professores.

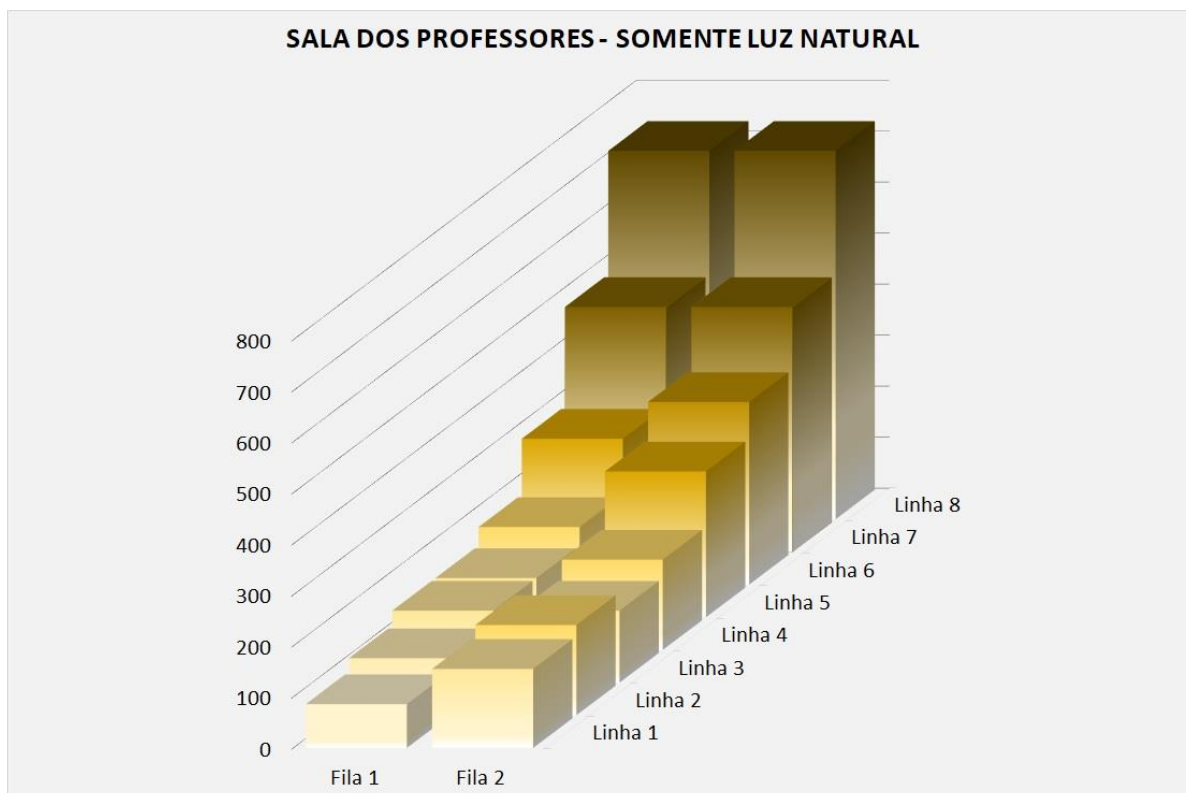
SALA PROF.	Somente Luz Natural (em lux)		Artificial + Luz Natural (em lux)	
	Fila 1	Fila 2	Fila 1	Fila 2
Linha 1	86	155	286	315
Linha 2	112	177	286	315
Linha 3	141	141	286	315
Linha 4	141	177	286	315
Linha 5	177	286	358	395
Linha 6	286	358	600	600
Linha 7	480	480	722	963
Linha 8	722	722	963	1206
<b>MÉDIA</b>	<b>290</b>		<b>513</b>	

Fonte: Acervo pessoal, (2017)

E a seguir, os gráficos 07 e 08 que mostram de uma forma mais clara as alterações de índices encontrados pela sala dos professores.

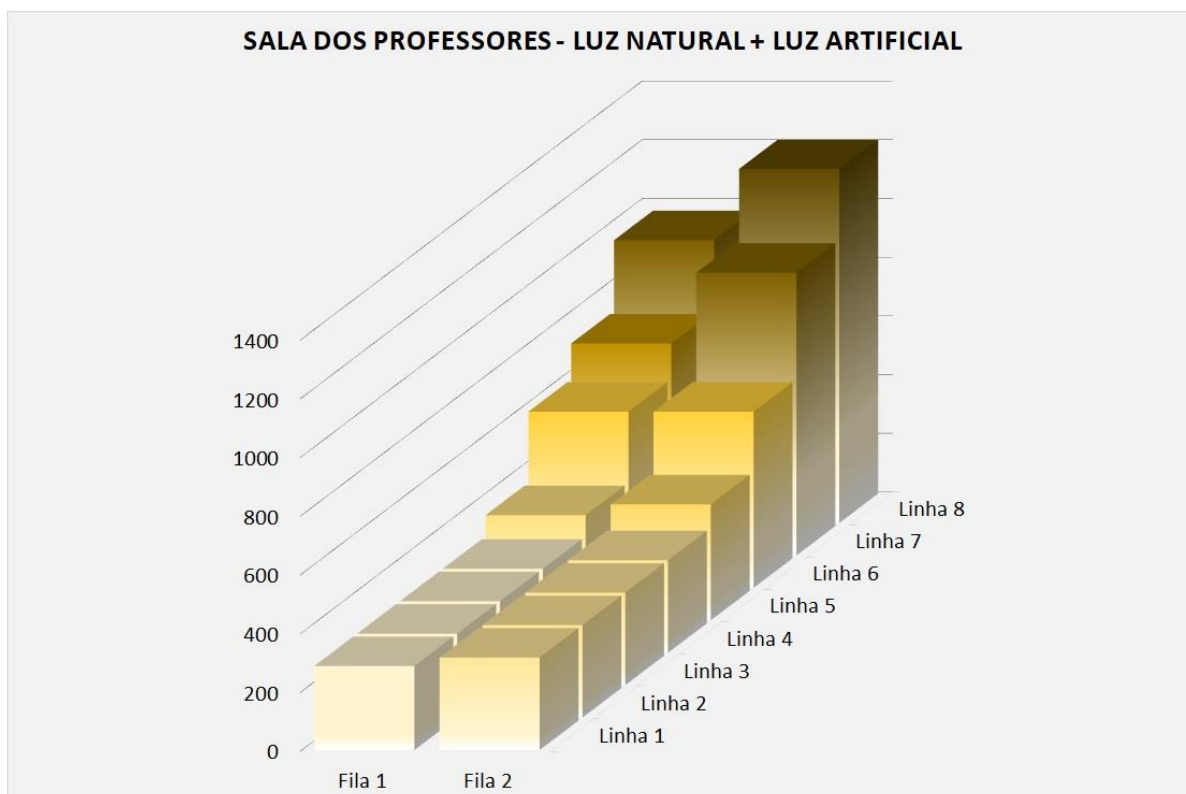


Figura 29: Gráfico 07 - valores de iluminação natural da sala dos professores.



Fonte: Acervo pessoal (2017)

Figura 30: Gráficos 08 - valores de iluminação natural e artificial da sala dos professores.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

Em ambas as salas de aula e sala dos professores nota-se que os níveis de luz natural, nos pontos mais próximos às janelas é bem elevado, e a medida que cada ponto vai se afastando, o nível de luz vai ficando cada vez mais baixo, causando uma grande desuniformidade de luz nas salas.

Ao combinar a iluminação natural com artificial, tanto na sala 01, sala 02 e sala dos professores tem-se índices de iluminância bem elevados (o que também não está de acordo com a norma), e não uniformizado, no fundo das salas o que compromete a qualidade de luz oferecida aos alunos, pois em alguns lugares das salas encontra-se altos níveis de luz e em outros lugares, valores mais baixos, mas que ainda assim não estão de acordo com a norma, estão com valores acima do indicado.

E analisando somente a luz artificial das salas 01 e 02 encontra-se níveis padrões, porém com valores muito baixo, com uma média entre 106 e 142 lux, porém a NBR ISO 8995-1 recomenda um valor de 300 lux para salas de aula e sala dos professores.

Os defeitos relacionados com a sistema de iluminação artificial compreendem fatores que vão do dimensionamento errado do sistema, pela falta de manutenção e troca das lâmpadas, até níveis falhos de iluminação para se realizar as tarefas visuais necessárias, com grande desuniformidade de luz entre os pontos medidos.

## 5.1 CORRELAÇÃO COM A NORMA ABNT NBR ISO 8995-1

Em relação ao sistema de iluminação nos ambientes escolares, a ABNT NBR ISO 8995-1 informa que a iluminação conservada de 300 lux para as salas de aula e sala dos professores, com o índice limite de ofuscamento único de 19 para salas de aula e 22 para sala dos professores e com índice de reprodução de cor com mínimo de 80, e sugere que a iluminação do ambiente seja controlável. (Figura 31).



Figura 31: Tabela de planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades, com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

<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	

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\overline{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux.
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	$T_{cp} > 5\ 000\ K.$
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Laboratório linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58 – 1983 e CIE 62 – 1984.

Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1: (2013).

Ao se comparar as tabelas e gráficos com os resultados obtidos durante as medições, com a tabela da figura 31, percebe-se que os valores não estão de acordo, portanto, os índices de iluminância existentes na escola de ensino fundamental Cid Adalberto dos Reis, não estão de acordo daqueles recomendado pela NBR ISO 8995-1, os valores de iluminação natural, e iluminação artificial combinada com a natural encontrados nas salas 01 e 02 excedem o valor de 300 lux que é indicado. Porém ao se tratar somente dos valores de iluminação artificial,

percebe-se que o mesmo também não atende ao valor indicado, mas esse, pelo fato de ter valores menores, com uma média entre 106 e 142 lux, sendo assim, valores abaixo dos 300 lux indicado.

A sala dos professores, após a comparação dos índices, nota-se que os valores encontrados para iluminação natural, e iluminação artificial combinada com a artificial é bem desigual por toda a sala, oscilando entre valores altíssimos e com valores abaixo dos 300 lux recomendado, estando assim em desacordo com a NBR ISO 8995-1.

## 5.2 SUGESTÕES DE MELHORIA

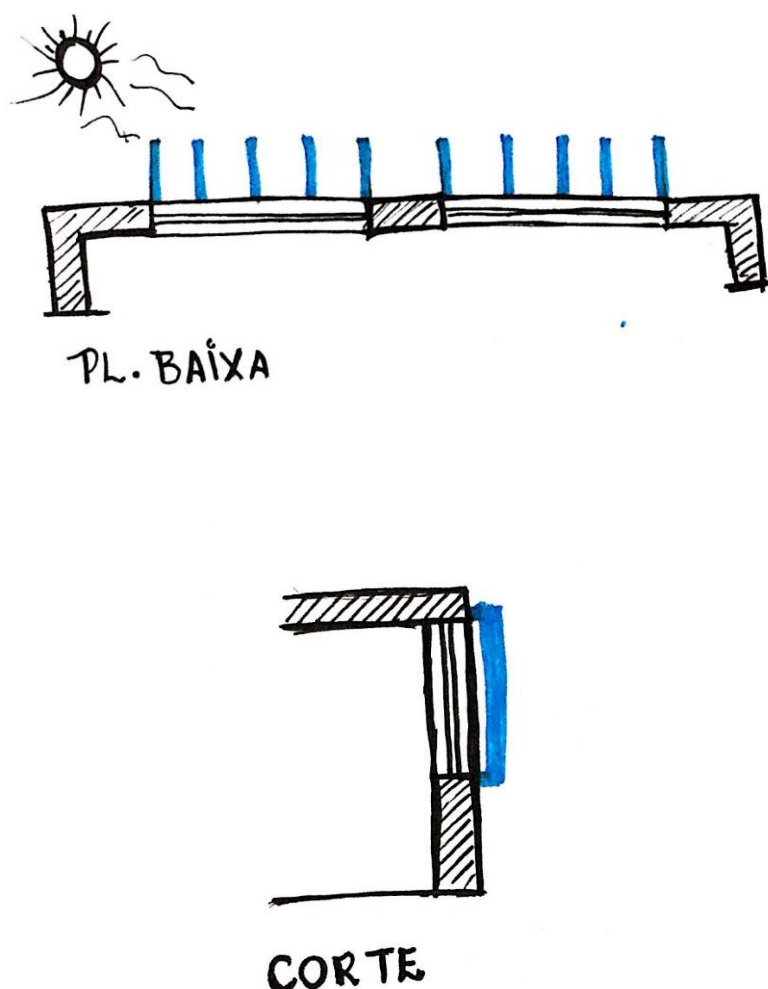
E para que se tenha um maior conforto lumínico dentro das salas, é possível através de algumas soluções de melhoria, como por exemplo:

- Vidros refletivos e low-e: os vidros refletivos e low-e são bastante utilizados pois eles proporcionam a entrada da luz natural no interior das edificações sem que prejudique o conforto térmico e luminoso nos ambientes. O vidro refletivo tem função de limitar os ganhos de calor indesejáveis, pois ele tem uma elevada capacidade de refletir e captar a luz solar. Já o vidro low-e foi criado para ser usado em países cujo clima é frio, para manter o interior dos edifícios aquecidos, e ele reflete os raios infravermelhos, limitando os ganhos de calor dentro dos ambientes, fazendo com que haja um equilíbrio ideal por meio da iluminação natural e pela transmissão de calor, provocando uma significativa economia de energia. E pelo fato de ter uma baixa emissão, ele dificulta a transferência térmica de dois ambientes, e é muito eficiente pois vem de uma camada fina de óxido metálico que é colocado em apenas uma face do vidro. Essa camada tem a função de filtrar os raios do sol sem impossibilitar a irradiação luminosa.
- A instalação de brises: que são usados para impossibilitar que o sol entre diretamente no interior da edificação, fazendo com que haja uma diminuição do ofuscamento e conseqüentemente a diminuição do calor. Existem no mercado diversos tipos de brises, como os em concreto, metal e madeira. E a forma em que eles são instalados (se horizontal ou vertical) vai depender da relação das fachadas com o sol durante o dia, por exemplo: as fachadas

Norte, que recebem insolação o dia todo, é indicado a instalação dos brises horizontalmente; já nas fachadas Leste onde se tem o sol da manhã e na fachada Oeste que recebe o sol da tarde, é indicado a instalação dos brises em sentido vertical; e se for a fachada Sul, a melhor opção são os brises móveis (que são mais eficientes que os fixos, pois desta forma é possível movimenta-los conforme for necessário), pelo fato de se ter pouca incidência solar.

E como as salas em estudo estão dispostos nas fachadas Leste e Oeste (sol da manhã e sol da tarde), o ideal é que seja instalado os brises verticais (figura 32) em ambas as fachadas.

Figura 32: Croqui planta baixa e corte do brise vertical.



Os brises além de trazer conforto para o ambiente, proteção contra o sol, proporciona também visibilidade para o exterior e trabalha também na questão da estética, onde pode ser utilizado por diversas formas. Na escola Cid Adalberto dos Reis por exemplo, ele pode ser fabricado em metal e depois receber uma pintura azul ou até mesmo branca, o que irá contribuir para a estética da escola, já que sua fachada é composta por detalhes em azul e branco, como pode ser visto na figura 33.

Figura 33: Fotografia da fachada da escola.



Fonte: Acervo pessoal, (2017)

- Acionamento individual das luminárias: Atualmente nas salas de aula em questão, o acionamento das luminárias é feito através de um interruptor que liga todas as lâmpadas de uma vez só, o que não é muito eficiente, pois existem momentos, como por exemplo o uso do data show, em que é preciso de somente uma ou duas lâmpadas acesas, e isso não é possível atualmente. Porém existe a possibilidade de fazer a separação desse acionamento para que ele seja individual ou a cada duas lâmpadas, fazendo com que haja uma economia de energia, pois terá menos lâmpadas acesas sem necessidade, onde seria possível por exemplo, quando a iluminação natural tiver forte intensidade na região perto das janelas e pouca

intensidade na região mais afastada, as lâmpadas que ficam mais próximas da região com forte incidência de luz natural podem ficar apagadas pois não há necessidade de acendê-las, e onde a iluminação natural é mais deficiente tem-se a possibilidade de acender somente as lâmpadas dessa região, acarretando em uma economia energética dentro da escola.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições ambientais como um todo influencia no processo de aprendizado escolar, e a iluminação, quer seja natural ou artificial é um dos fatores que contribui para o conforto nas edificações. E pelo fato da iluminação está diretamente relacionada com o processo de ensino, a mesma merece atenção especial nas instituições de ensino. A falta ou até mesmo o mau uso da iluminação artificial ocasiona várias consequências para a saúde e bem-estar dos alunos.

O presente estudo teve como objetivo descrever a importância da iluminação no ambiente escolar, destacando seus benefícios sob o usuário, descrevendo conceitos que estão inteiramente ligados à iluminação e que são fundamentais para seu entendimento para que seja dada continuidade na próxima etapa do estudo.

Foi realizado um estudo de caso na escola EMEF “Cid Adalberto dos Reis” de Linhares–ES, da rede municipal de ensino fundamental, situada na Rua Valdomiro Cardoso, no bairro Juparanã, onde foram levantados características das salas de aula que serão analisadas. Ao longo do ano (exceto no inverno) somente a luz natural é suficiente para iluminar a sala de aula 01. Os problemas encontrados nas salas analisadas, segundo funcionários da escola e por meio da observação, a sala não apresentou problemas graves, exceto que no período de inverno a iluminação natural fica ineficiente, necessitando assim que haja um suporte para uma iluminação eficiente. Mas na sala 02 os problemas vão além do conforto visual, eles afetam até mesmo o conforto térmico, pois com o sol forte e ausência de elementos externos que ajudam a amenizar a incidência do sol na sala de aula, as janelas e cortinas precisam ser fechadas e com isso há um bloqueio da ventilação cruzada existente, fazendo assim com que a sala fique abafada e quente, e o uso intenso da iluminação artificial, fazendo com que haja uma deficiência na aprendizagem.

Na próxima etapa realizada na escola EMEF “Cid Adalberto dos Reis” de Linhares–ES, consiste em: diagnosticar as principais deficiências que a iluminação apresenta nas salas de aula da escola; foi feito um levantamento dos índices da iluminância de cada sala analisada e feito uma comparação dos índices levantados e os que são indicados pela norma e por fim, esses índices estão diferentes dos indicados, por isso foi proposto melhorias para que o ambiente fique

mais confortável a seus usuários.

Esta etapa foi realizada por meio de visitas às salas de aula da escola que foi utilizada para pesquisa, e foi observada a iluminação (natural e artificial) nos horários matutino e vespertino, foram registrados levantamentos lumínico nos diferentes horários de observação, pesquisas e entrevistas com funcionários e alunos usuários dos ambientes.

Ao final dos levantamentos citados acima foi apresentado melhorias para as deficiências encontradas, concluindo-se então o presente trabalho.

Para que possa adaptar um ambiente visual próprio e agradável para execução de tarefas escolares, visando um desempenho melhor em relação ensino-aprendizagem, precisando analisar se a iluminação de um ambiente a ser obtida. Tanto a iluminação artificial quanto a natural, têm características próprias que devem ser exploradas ao máximo para que uma não necessite predominar ou suprir a outra.

Sendo iluminação natural ou artificial, ela estará ligada ao conforto térmico e a escolha de lâmpadas, luminárias e sistemas devemos ter o cuidado com relação ao nível de geração de calor, pois a tecnologia de LED é a mais recomendada.

É preciso tomar cuidado com as orientações dos espaços para o aproveitamento da luz do sol, uma vez que a radiação não pode penetrar excessivamente nas salas, elevando a temperatura e causando ofuscamento, a ventilação natural também deve ser priorizada como agente de conforto ambiental.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Cláudia Naves David. **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I: Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável**. Periódico eletrônico em Arquitetura e Urbanismo Paranoá, Brasília, v. 4, 2002.

ANDERS, G. D. **Daylighting Performance and Design**. New York: John Wiley & Sons, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1: Iluminação Natural - Parte 1: conceitos básicos e definições**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4: Iluminação Natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Rio de Janeiro, 2004.

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

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.

BENCOSTTA, Marcus Levy A. (Org.): **História da Educação, Arquitetura e Espaço Escolar**. São Paulo: Cortez, 2005.

BENYA, James et al. **Advanced lighting guidelines**. Washington, USA: New Buildings Institute, 2003.

BERTOLOTI, Dimas. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. São Paulo, 2007. 162p. Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

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

BUFFA, Ester; PINTO, Gelson de Almeida. **Arquitetura e Educação: organização do espaço e propostas pedagógicas dos grupos escolares paulistas, 1893/1971**. São Carlos: Brasília: EdUFSCar, INEP, 2002.

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



CARLUCCI, S.; CAUSONE, F.; DE ROSA, F.; PAGLIANO, L. **A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design.** Renewable & Sustainable Energy Reviews. v. 47, p. 1016-1033, abr.2015.

CIBSE, The Chartered Institution Of Building Services Engineers. **Code for Interior Lighting.** 16.ed. London: Elsevier, 2002.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORREIA, Ana Paula P. **Arquitetura escolar: a cidade e a escola rumo ao progresso – Colégio Estadual do Paraná, 1943-1953.**

CORTEZ, Rogério Vieira; SILVA, Mário Braga. **Espaços educativos.** Ensino fundamental. Subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares. Coordenação-geral de José Maria de Araújo Souza. Brasília: Fundescola/MEC, 2002.

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.

DORIGO, Adriano Lucio. **Condições de Luz Natural em Ambientes Escolares – Estudo do Projeto Padrão 023 da Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná.** Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia – Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

EGAN, David M., OLGAY, Victor W. **Architectural lighting.** New York: McGraw-Hill Higher Education, 2002.

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.

FRANDOLOSO, M. A. L. **Critérios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas.** 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FUNARI, Teresa B. S.; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar e Avaliação Pós-Ocupação.** In: Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 4., Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió. 2005.

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.

GRAÇA, Valéria A. C. da; KOWALTOWSKI, Doris. C. C. K. **Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, jul./set. 2004.

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

JORNAL NACIONAL. **Estudo revela falta de estrutura em escolas brasileiras**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/09/estudo-revela-falta-de-estrutura-em-escolas-brasileiras.html>> Acesso em: 10 de maio de 2017

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

KIM, G.; LIM, H. S.; LIM, T. S.; SCHAEFER, L.; KIM, J. T. **Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings**. *Energy and Buildings*, [S.l.], v. 46, p. 105–111, 2012.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C. et al. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R.; DUTRA, L. **Eficiência energética na arquitetura**. 2 ed., São Paulo: PW, 2004.

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

LEVY, Marcus. **História da Educação, Arquitetura e Espaço Escolar**. São Paulo: Cortez, 2005.

MORAES, Karla Motta Kiffer (Coord.). **Padrões mínimos de funcionamento da escola do ensino fundamental - ambiente físico escolar: guia de consulta**. Brasília: Fundescola/DIPRO/FNDE/MEC, 2006.

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.

MUSITANO, Manuela; **O homem e o fogo**. Revista virtual INVIVO FRIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2012.

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).

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. **Iluminação**. Florianópolis, UFSC, 2000. Apostila da disciplina de Conforto Ambiental do Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

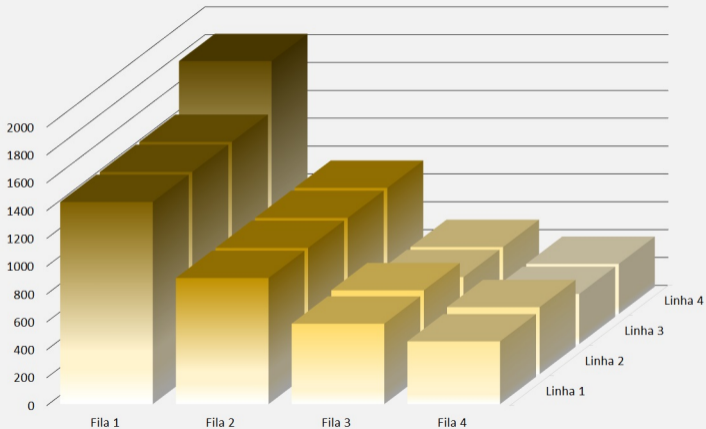
SILVA, M. L. **Iluminação**: simplificando o projeto. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

TAVARES, S. G. **Simulação computacional para projeto de iluminação e arquitetura**. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

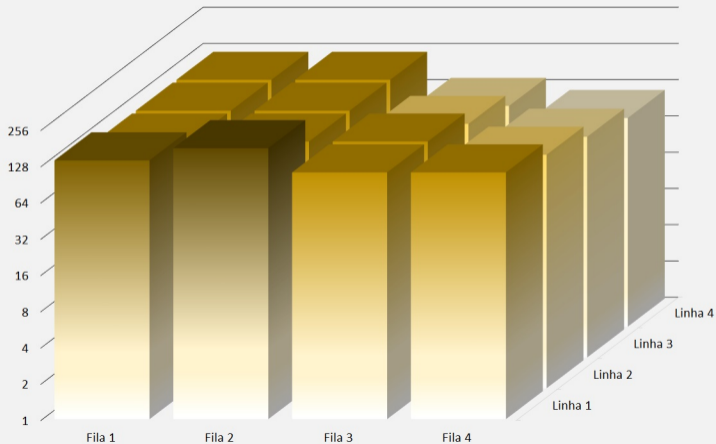
TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Menos de 5% das escolas tem infraestrutura adequada ao PNE**. Disponível em: <http://www.todospelaeducacao.org.br/reportagens-tpe/30192/menos-de-5-das-escolas-tem-infraestrutura-adequada-ao-pne/> Acesso em: 10 maio de 2017.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES J. C. S. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Virtus, 2001.

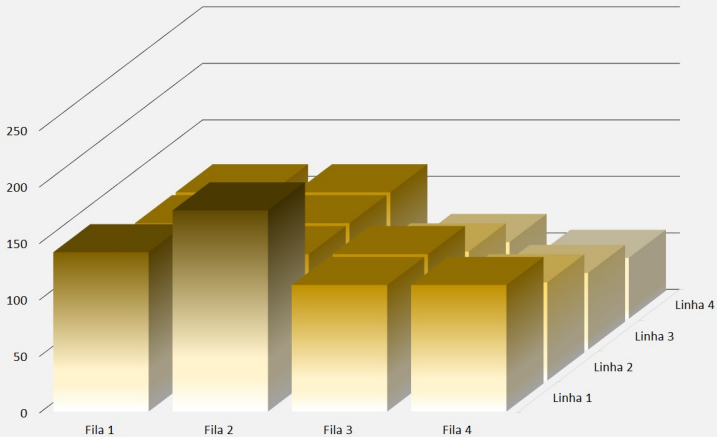
## SALA 1 - LUZ NATURAL + LUZ ARTIFICIAL



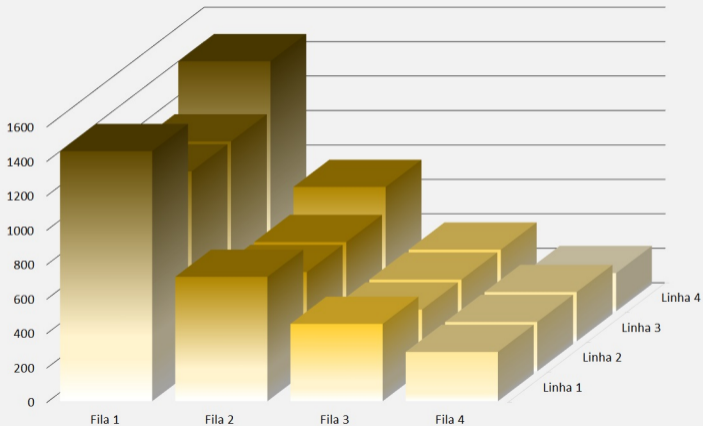
# SALA 1 - SOMENTE LUZ ARTIFICIAL



# SALA 1 - SOMENTE LUZ ARTIFICIAL



## SALA 1 - SOMENTE LUZ NATURAL



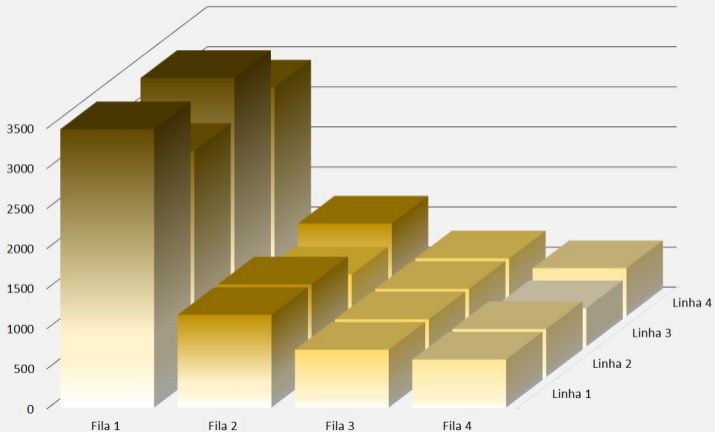
SALA 1		Somente Luz Natural (em lux)			
		Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
JANELAS	Linha 1	1452	722	449	286
	Linha 2	1160	576	358	286
	Linha 3	1160	576	358	286
	Linha 4	1452	722	358	222
MÉDIA		651			

Artificial + Luz Natural (em lux)			
Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
1452	906	578	451
1452	906	602	481
1452	906	481	360
1816	906	481	360
849			

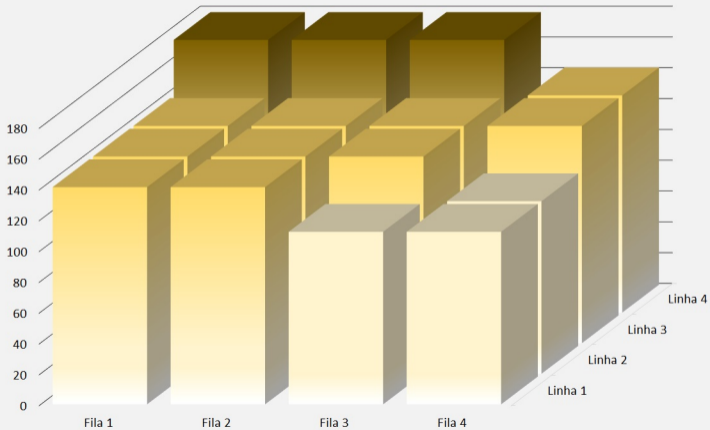
Somente Luz Artificial (em lux)			
Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
141	178	112	112
112	112	112	87
112	112	87	68
112	112	68	54
106			



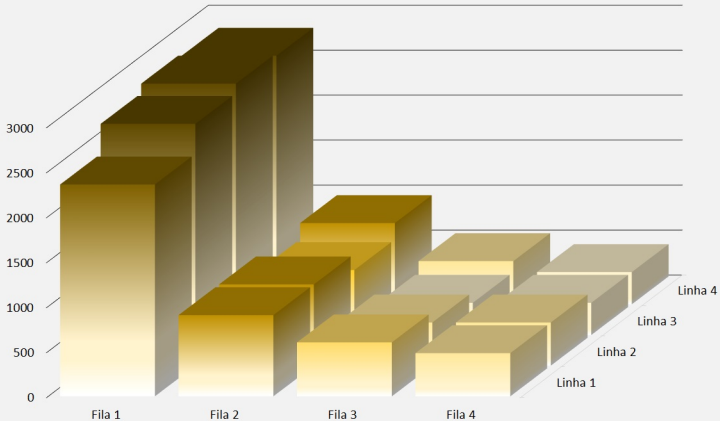
## SALA 2 - LUZ NATURAL + LUZ ARTIFICIAL



## SALA 2 - SOMENTE LUZ ARTIFICIAL



## SALA 2 - SOMENTE LUZ NATURAL

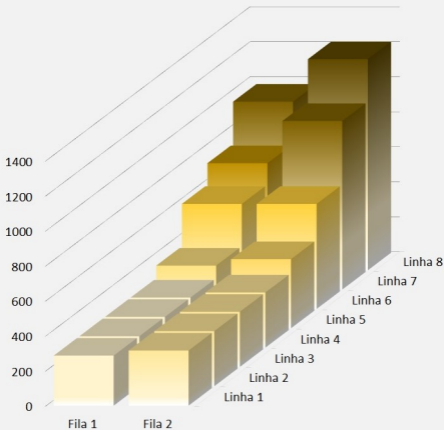


SALA 2		Somente Luz Natural (em lux)			
		Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
JANELAS	Linha 1	2355	903	600	480
	Linha 2	2688	903	480	480
	Linha 3	2794	722	358	358
	Linha 4	2763	903	480	358
MÉDIA		1102			

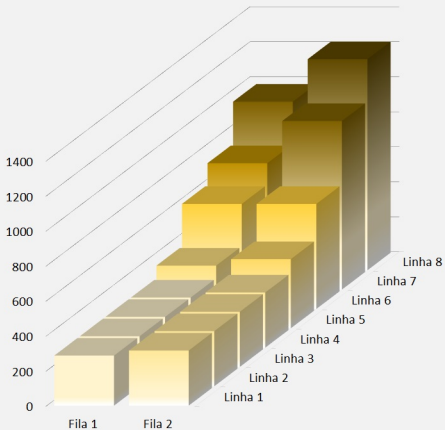
Artificial + Luz Natural (em lux)			
Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
3474	1157	722	600
2824	1157	722	600
3353	903	722	480
2854	1157	722	600
1378			

Somente Luz Artificial (em lux)			
Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
141	141	112	112
141	141	141	112
141	141	141	141
177	177	177	141
142			

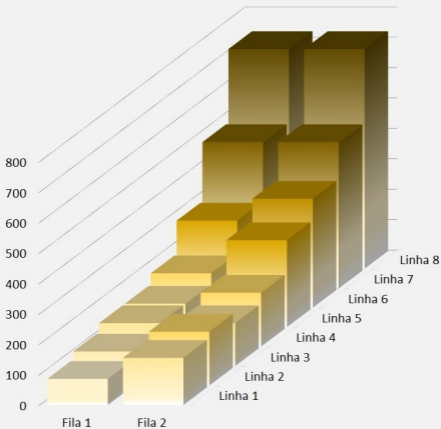
## SALA DOS PROFESSORES - LUZ NATURAL + LUZ ARTIFICIAL



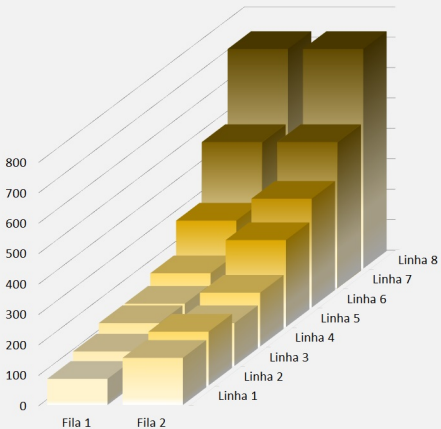
## SALA DOS PROFESSORES - LUZ NATURAL + LUZ ARTIFICIAL



# SALA DOS PROFESSORES - SOMENTE LUZ NATURAL



## SALA DOS PROFESSORES - SOMENTE LUZ NATURAL





SALA PROF.	Somente Luz Natural (em lux)	
	Fila 1	Fila 2
Linha 1	86	155
Linha 2	112	177
Linha 3	141	141
Linha 4	141	177
Linha 5	177	286
Linha 6	286	358
Linha 7	480	480
Linha 8	722	722
<b>MÉDIA</b>	<b>290</b>	

Artificial + Luz Natural (em lux)	
Fila 1	Fila 2
286	315
286	315
286	315
286	315
358	395
600	600
722	963
963	1206
<b>513</b>	