

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EDDIE WESLEY CORDEIRO PRADO

**ANÁLISE DO FATOR DE ILUMINÂNCIA EM SALAS DE AULA DE ESCOLAS
MUNICIPAIS DE TOLEDO - PR**

TOLEDO - PR
2019

EDDIE WESLLEY CORDEIRO PRADO

**ANÁLISE DO FATOR DE ILUMINÂNCIA EM SALAS DE AULA DE ESCOLAS
MUNICIPAIS DE TOLEDO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. MSc. Gladis Cristina Furlan

TOLEDO - PR
2019



Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do
Paraná**
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 189

ANÁLISE DO FATOR DE ILUMINÂNCIA EM SALAS DE AULA DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE TOLEDO - PR

por

EDDIE WESLLEY CORDEIRO PRADO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 08:20 h do dia **04 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Profª Dr. Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)

Profª Dr. Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)

Prof Msc. Gladis Cristina Furlan
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr Fúlvio Natércio Feiber
Coordenador da COECI

A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Dedico este trabalho aos meus pais, Denize Lopes Cordeiro e Edson do Prado, e a minha irmã Amanda Prado, por me incentivarem e apoiarem ao longo da vida até o final da graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre comigo e me ajudar na trajetória acadêmica, me trazendo até este trabalho.

Aos meus amigos Eloá, Caroline, Leticia, Vanessa e Tatiana, que durante a universidade se tornaram parte da minha família, ouvindo e acalmando nos momentos mais complicados.

À professora Gladis Cristina Furlan, que teve paciência durante o TCC e não desistiu de mim.

Às demais pessoas não citadas, que contribuíram de alguma forma para meu desenvolvimento ao longo da graduação e de alguma forma inspiraram esse trabalho.

Obrigado!

RESUMO

PRADO, Eddie Wesley Cordeiro. **Análise do fator de iluminância em salas de aula de escolas municipais de Toledo - PR.** 2019. 66 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2019.

Todo ambiente deve receber luz, seja ela natural ou artificial, pois quando há um maior nível de iluminação, há um aumento da visibilidade, da velocidade e da precisão na realização das tarefas. Sabe-se que durante o desenvolvimento de uma pessoa, a fase da educação infantil é de extrema importância, pois as experiências tidas no início da vida causam efeitos até a sua fase adulta. Desta forma, é importante manter uma educação infantil de qualidade, a fim de proporcionar um melhor desenvolvimento cognitivo e físico para os alunos. Mas um dos principais fatores que garantem a qualidade no ensino é a presença de luz no ambiente, e conforme a NBR 8995/2013, existem alguns valores mínimos que devem ser atendidos para que a iluminância seja suficiente para realização das tarefas no ambiente escolar. Desta forma, o presente trabalho apresenta como objetivo quantificar a iluminância das salas de aula das escolas municipais de Toledo – PR, a fim de identificar se as mesmas atendem os parâmetros estabelecidos na NBR 8995/2013. Utilizando-se dos procedimentos técnicos de pesquisa de campo, foram avaliadas quatro escolas, todas dentro do limite municipal de Toledo – PR. A análise foi realizada com auxílio do aparelho luxímetro e pela análise dos dados em planilha. Num contexto geral, apenas 12,8% das 336 medições realizadas nas sete salas das quatro escolas, nos três dias de medições e sob os quatro tipos de situações atingiram a norma, enquanto que, na melhor condição, de luzes acesas e cortinas abertas, aproximadamente 41,67% das 84 medições atingiram o mínimo exigido. Assim, foi possível reconhecer falhas relacionadas ao tamanho das salas, das janelas, da localização das salas bem como a problemática da falta de lâmpadas artificiais nas salas de aulas e as possíveis medidas que devem ser adotadas de modo a corrigir a iluminância, visando melhorar o conforto visual das salas de aula e consequentemente o aprendizado e o desenvolvimento dos alunos que ali estudam.

Palavras-chave: Iluminação. Eficiência energética. Sala de aula. Desenvolvimento infantil.

ABSTRACT

PRADO, Eddie Wesley Cordeiro. **Analysis of the illuminance factor in classrooms of municipal schools of Toledo - PR.** 2019. 66 sheets. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering. Federal Technological University of Paraná. Toledo, 2019.

Every environment should receive light, be it natural or artificial, because when there is a higher level of illumination, there is an increase in visibility, speed and precision in performing tasks. It is known that during the development of a person, the stage of the education of children is of extreme importance, because the experiences taken in the beginning of life have effects until their adulthood. In this way, it is important to maintain a quality child education in order to provide better cognitive and physical development for students. But one of the main factors that guarantee quality in teaching is the presence of light in the environment, and according to NBR 8995/2013, there are some minimum values that must be met so that the illuminance is sufficient to perform the tasks in the school environment. In this way, the present work aims to quantify the illuminance of the classrooms of the municipal schools of Toledo - PR, in order to identify if they meet the parameters established in NBR 8995/2013. Using the technical procedures of field research, four schools were evaluated, all within the municipal boundaries of Toledo - PR. The analysis was performed with the aid of the luximeter and the analysis of the data in spreadsheet. In a general context, only 12.8% of the 336 measurements carried out in the seven classrooms of the four schools on the three days of measurements and under the four types of situations reached the standard, while in the best condition of lights and open curtains, approximately 41.67% of the 84 measurements reached the required minimum. Thus, it was possible to recognize faults related to the size of the rooms, the windows, the location of the rooms as well as the problem of the lack of artificial lamps in the classrooms and the possible measures that should be adopted in order to correct the illuminance, in order to improve the visual comfort of the classrooms and consequently the learning and development of the students who study there.

Keywords: Lighting. Energy efficiency. Classroom. Child development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impressão luminosa para diferentes comprimentos de onda	18
Figura 2 - Fluxo luminoso	19
Figura 3 - Intensidade luminosa	19
Figura 4 - Lux	20
Figura 5 - Ofuscamento	22
Figura 6 - Modelos de lâmpadas mais utilizados.....	25
Figura 7 - Lâmpadas incandescentes: clássica transparente, opaca, vela, de geladeira, anti-inseto e espelhada.....	25
Figura 8 - Lâmpada HO fluorescente	26
Figura 9 - Área da tarefa	31
Figura 10 - Vista Superior área da tarefa	32
Figura 11 - Área de trabalho.....	32
Figura 12 - Área de tarefa sala de aula	33
Figura 13 - Malha de medição.....	34
Figura 14 - Luxímetro	35
Figura 15 - Exemplo aferição	36
Figura 16 - Sala tipo da Escola Municipal Antônio Scain.	38
Figura 17 - Sala de aula da Escola Municipal Antônio Scain.	39
Figura 18 - Aferições Escola Municipal Antônio Scain	40
Figura 19 - Sala tipo da Escola Municipal Ivo Welter.	41
Figura 20 - Sala de aula da Escola Municipal Ivo Welter.	42
Figura 21 - Aferições Escola Municipal Ivo Welter	42
Figura 22 - Modelos de sala da Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental Osvaldo Cruz.....	44
Figura 23 - Sala de aula da Escola Osvaldo Cruz.....	45
Figura 24 - Aferições Escola Municipal Osvaldo Cruz.....	45
Figura 25 - Modelos de sala da Escola Orlando Luiz Basei	47
Figura 26 - Sala de aula da Escola Orlando Luiz Basei	47
Figura 27 - Aferições Escola Municipal Orlando Luis Basei	48
Figura 28 - Valores finais	49

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PAPE	Projeto de Adequação de Prédios Escolares
ϕ	Fluxo luminoso (lm)
I	Intensidade luminosa (lux)
E	Iluminância (lux)
A	Área (m ²)
L	Luminância (cd/m ²)
a	Ângulo (graus)
ρ	Refletância ou Coeficiente de Reflexão
η	Eficiência luminosa (lm/W)
T	Temperatura correlata (Kelvin)
ICR	Índice de reprodução de cor
Ra	Índice de reprodução de cor
UGR	Índice de ofuscamento unificado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	A ILUMINAÇÃO DA SALA DE AULA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INFANTIL.....	14
2.2	A CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E O CONFORTO VISUAL	15
2.3	CONCEITOS BÁSICOS DE ILUMINAÇÃO	17
2.3.1	A Luz, o Fluxo Luminoso e a Intensidade Luminosa	17
2.3.2	Iluminância	20
2.3.3	Ofuscamento	21
2.3.4	A Reflexão, a Absorção e a Manutenção da iluminação	22
2.4	TIPOS DE ILUMINAÇÃO.....	23
2.4.1	Iluminação natural	23
2.4.2	Iluminação artificial	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	MÉTODO DA PESQUISA.....	29
3.2	ESCOLHA DO AMBIENTE.....	29
3.3	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	30
3.3.1	Área de tarefa e entorno imediato	31
3.3.2	Malha de medição	33
3.3.3	Medições de iluminância	35
3.3.4	Coleta de dados.....	35
3.3.5	Análise de Dados.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	ESCOLA MUNICIPAL ANTÔNIO SCAIN	38
4.2	ESCOLA MUNICIPAL IVO WELTER.....	41
4.3	ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO FUNDAMENTAL OSVALDO CRUZ	43

4.4	ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO FUNDAMENTAL ORLANDO LUIZ BASEI	46
4.5	ANÁLISE FINAL	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÊNDICES	58
	APÊNDICE A – COLETA DE DADOS.....	59
	APÊNDICE B - DADOS COLETADOS DURANTE AS AFERIÇÕES EM CAMPO....	60

1 INTRODUÇÃO

A iluminação elétrica trouxe consigo a independência da luz natural para realizar tarefas, pela praticidade de iluminar cada ambiente com a intensidade desejada independente do horário do dia. Isso facilitou a vida das pessoas, possibilitando um maior desenvolvimento da sociedade nos diversos âmbitos. Porém, como a energia tem um custo, os projetos arquitetônicos têm considerado a quantidade de iluminação elétrica empregada, fazendo uso também da iluminação natural, sempre levando em conta a quantidade de iluminação mínima requisitada por norma.

A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 8995/2013 – Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior – ressalta a necessidade de permitir que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto. Essa norma ainda ressalta que a iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas (ABNT, 2013).

Desse modo, considerando essa norma supracitada, o ambiente escolar foi escolhido para ser o foco desta pesquisa, pois essa fase é determinante no desenvolvimento humano, ou seja, é o período em que o aluno começa a ser moldado ao método de ensino. Importante ressaltar que a iluminação tem valor fundamental na educação, pois a visão é um dos principais meios que os estudantes utilizam para compreender e assimilar o conteúdo aplicado; isso a torna a característica física mais importante no espaço de ensino (BOYCE *et al.*, 2003).

A visão é o que norteia as formas e as cores, sendo a primeira referência. Desse modo, as primeiras experiências no mundo, as necessidades, os prazeres, as preferências e temores são baseados na visão humana (DONDIS, 1997). Ao nascer, a criança tem percepções visuais diferentes daquelas que ela adquire com o passar dos anos, sendo que, quando adulto, sua percepção se torna mais elaborada. Assim, a criança tem uma visão mais nítida e a luz se torna muito mais significativa para ela com relação ao adulto (JANESCH, 2013).

Em virtude disso, o presente trabalho se propõe em verificar a quantidade de iluminação das escolas municipais da cidade de Toledo, analisando se as mesmas atendem a NBR 8995/2013, norma que especifica a quantidade mínima da iluminância para este ambiente.

1.1 JUSTIFICATIVA

Cantina, sala de aula, ginásio, biblioteca são alguns dos principais espaços que, juntos, compõem a escola, local onde ocorre a educação de seus alunos (transferência e aquisição de conhecimentos e valores). A educação acontece quando se atinge uma pessoa de forma a estimulá-la ao ponto de desenvolver suas capacidades cognitivas e físicas, para poder se integrar plenamente na sociedade em que está inserida (DIAS; SEABRA, 2017).

Essa integração ajuda no desenvolvimento da inteligência, a qual ocorre com atividades do dia a dia, introduzindo novos conhecimentos para incitar todas as habilidades envolvidas. Grande parte dos estímulos que os alunos estão submetidos acontece pela visão, sentido este, que depende da claridade do ambiente que estão inseridos.

Desta forma, para a educação acontecer com integridade, deve-se providenciar os melhores meios, como a qualidade do ensino e das instalações onde serão ministradas as aulas. E nesse ínterim, encontra-se a iluminação do ambiente escolar.

Por esse motivo, foi desenvolvido o Manual para Adequação de Prédios Escolares por Guimarães *et al.* (2006), onde se orienta o planejamento e execução do Projeto de Adequação de Prédios Escolares – PAPE, dando enfoque na sala de aula e sanitários para alunos. As diretrizes básicas para o atendimento dos padrões construtivos mínimos são: qualidade, segurança, salubridade, conforto visual, térmico, durabilidade, acessibilidade, racionalidade de custo e minimização de manutenção.

Dentre as especificações do PAPE, encontra-se que “A iluminação deverá ser uniforme em todos os planos de trabalho, obedecendo o parâmetro de iluminância de 300 lux” (GUIMARÃES *et al.*, 2006, p. 12); parâmetro esse especificado na NBR 8995/2013, pois níveis muito altos ou muito baixos de luz podem ocasionar, dentre outros problemas, o cansaço visual, que leva a um esforço excessivo na visão, com conseqüente fadiga visual.

Os sintomas de fadiga visual incluem irritação dos olhos, coceira, colapso da visão, visão turva, dores de cabeça e vertigem. A iluminação fraca ou reflexos também podem causar outros efeitos indiretos como dor no pescoço e costas ao se aproximar de uma tarefa ou mudar a posição do corpo (HSE, 1997).

Porém, boa parte as escolas públicas encontram-se em situações precárias, pois são limitadas aos aportes financeiros destinados à educação. Por esse motivo, algumas delas são deixadas de lado, o que implica em falta de manutenção, inclusive na iluminação das salas de aula, sendo este, um fator de grande impacto no aprendizado dos alunos que estão em processo de formação (IOSIF, 2007).

Dessa forma, nota-se a importância de descobrir se a iluminação das escolas que atendem as crianças de Toledo - PR seguem os requisitos mínimos da NBR 8995/2013, para garantir aos estudantes estarem servidos da iluminação necessária para sua aprendizagem, de modo que a falta ou excesso de iluminação não prejudique a saúde deles nesse ambiente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a iluminância das salas de aula das escolas municipais de Toledo – PR, seguindo os parâmetros estabelecidos na NBR 8995/2013.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Calcular a iluminância média de cada sala em estudo;
- b) Comparar os valores encontrados com os estabelecidos pela norma para o ambiente em questão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os tópicos a seguir apresentam embasamentos necessários para o encaminhamento da pesquisa que foi proposta: a aferição da iluminação nas salas de aula das escolas municipais de Toledo. Serão tratados assuntos como a importância da iluminação da sala de aula, bem como sua importância para o desenvolvimento infantil, a caracterização do ambiente e o conforto visual, além dos conceitos básicos e dos tipos de iluminação existentes.

2.1 A ILUMINAÇÃO DA SALA DE AULA E SUA IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INFANTIL

A luz é o que dá cor e forma ao espaço, podendo tanto ser natural através de janelas e aberturas, como artificial oriunda de energia elétrica. É através da luz que se torna possível a definição de quais tarefas podem ser realizadas num determinado ambiente. Quando a luz entra num ambiente de forma correta, além de benefícios à saúde, há maior motivação e energia nas pessoas que ali estão (JANESCH, 2013).

Nesse sentido, faz-se necessário a análise da importância da iluminação correta nas salas de aula, para o desenvolvimento infantil. Um alto nível de iluminação aumenta o nível de atenção porque reprime a produção de melatonina, hormônio que regula o sono. Por isso a iluminação em alta intensidade ajuda as crianças a se manterem alertas e capazes de absorver informações. A atenção é o principal fator que influencia a aprendizagem, pois facilita o armazenamento e a recuperação de conteúdos na memória, estando relacionada na seleção das informações relevantes (HMG, 1999).

A variação da luz do dia também influencia na concentração, pois gera um meio não uniforme, criando maior interesse durante o dia. A luz natural é usada para melhorar o humor, tanto dos alunos como dos professores. Para Aubrecht *et al.* (2014), as experiências no início da vida causam efeitos até a sua vida adulta, principalmente quando se trata de *stress*, podendo contribuir para o desenvolvimento de ansiedade e distúrbios afetivos como depressão. Isso pode ocorrer devido à falta de contato com a luz natural quando criança.

Nesse sentido, alguns professores entrevistados por Heschong Mahone Group (1999) afirmaram sentir que a luz natural melhora o humor de seus alunos, deixando-os calmos e melhorando os intervalos de atenção. Esses professores frequentemente desligam as luzes elétricas durante o tempo da história ou da aula de artes, para ajudar as crianças a se acalmarem e expandir a imaginação.

Segundo Barrett *et al.* (2015), a luz tem grande impacto no progresso geral dos alunos quando comparada com a temperatura, as cores, a qualidade de ar e das instalações. A iluminação correta da sala de aula, somada com a temperatura, cores, qualidade do ar e das instalações causam 16% (dezesseis por cento) de variação no processo acadêmico alcançado pelos alunos, ou seja, 16% de melhora nos resultados do aluno.

Janesch (2013) considera que a visão atua no sistema psicológico e no sistema nervoso do ser humano e que, para o sentido da visão existir é necessário a existência da luz. Dessa forma, é através da visão que é possível se ver e conhecer tudo, de modo que, num ambiente sem luz, tudo perde vida, não existe forma e não se conhece nada. Conforme Dondis (1997), a visão humana é item fundamental para o aprendizado, já que é o que possibilita a compreensão do meio ambiente e como o ser humano irá reagir a ele.

Desse modo, considerando que a visão necessita da luz, o controle do ambiente é necessário, pois com alta qualidade e quantidade de luz elétrica, os professores e alunos tem a oportunidade de ajustarem o ambiente num nível mais confortável e, para tanto, o uso de cortinas nas janelas também auxilia nesse ajuste do conforto, pois o mesmo permite que os usuários regulem a entrada de luz natural no local.

2.2 A CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E O CONFORTO VISUAL

Como já visto, a iluminação do ambiente é de extrema importância para a atividade que ali irá ocorrer. No caso em tela, a NBR 8995/2013 estipula que as salas de aula devem ter o limite inferior da iluminância média aferida de 300 lux. Porém, é necessário que se avalie outros aspectos que podem vir a interferir na iluminação da sala de aula.

Características como a orientação do ambiente, o controle de sombras (dentro e fora da sala), o tamanho e o posicionamento das aberturas e os vidros que

influenciam na qualidade visual são itens que devem ser cuidadosamente considerados, para que os riscos de ofuscamento, sobreaquecimento e péssima qualidade da iluminação sejam excluídos ainda na fase de projeto, evitando assim problemas futuros que possam vir a influenciar negativamente o ambiente.

Com relação a posição do ambiente, segundo Lamberts *et al.* (2019), o norte tem incidência da luz solar direta e, apesar de o calor estar presente com a luz solar, é a orientação que mais recebe iluminação natural. Já a orientação sul é a segunda melhor opção em questão de luz natural, pois a luz é constante e tem qualidade quando usada como luz branca fria. Por ser a orientação que menos recebe luz solar direta, ocorre menos problemas como ofuscamento e é mais fácil o projeto de proteção solar.

Em contrapartida, as orientações leste e oeste são as piores, pelo fato de receberem mais luz solar direta no verão e menos no inverno, o que deixa difícil a execução de projeto de proteção solar. Devido ao movimento do sol, a iluminação solar muda de acordo com a região, tornando difícil a existência de uma regra universal para a posição do ambiente estudado.

Gonzalo *et al.* (2006) fornece algumas dicas sobre a questão da posição do ambiente, dentre elas: evitar construir janelas nas orientações leste e oeste; a colocação de janelas em paredes opostas para acontecer iluminação bilateral e a incorporação de proteção solar que possa isentar totalmente a entrada de luz solar. Além disso, se a construção permitir a implementação, deve-se fazer uso de janelas zenitais, pois elas permitem uma maior distribuição da iluminação e tem menos chances de ser obstruídas por outros elementos.

As cores usadas nas salas de aula (paredes, pisos, cortinas e mobília) também afetam a qualidade visual, pois aumentam o grau de atenção, ajudam o desenvolvimento intelectual das crianças através de estímulos mentais, que melhoram a criatividade, a imaginação e a memória. Essas cores devem ser proporcionais a compreensão das crianças sobre o espaço e seus componentes. No caso, cores brilhantes como amarelo e verde despertam humor positivo, enquanto cores mais escuras dão origem a um humor negativo (STANKOVIC *et al.*, 2015).

Dessa forma, de modo a garantir o conforto visual da sala de aula, é importante que haja uma correta distribuição da luz, uma melhor transmissão de cores e o destaque em objetos tridimensionais. Assim, não apenas deve ser considerada a qualidade da luz, mas também a quantidade de luz e sua distribuição,

já que, conforme visto, a iluminação correta aumenta a visibilidade, a velocidade e a precisão na realização de tarefas (HMG, 1999).

Conforme Millet (1996), o uso correto da luz levará a mensagem visual do ambiente, podendo transformar uma realidade desconfortável em um ambiente com qualidade. Lam (1977) determina que uma boa iluminação ambiental inclui conforto, prazer, interesse e espaços funcionais, com informações claras sem ruídos visuais.

Boyce *et al.* (2003) acrescenta que, mesmo quando se tratar de luz natural, se essa for em alta intensidade, poderá gerar desconforto visual e distração, podendo diminuir o estímulo da tarefa presente, seja por dissimulação de reflexos ou por sombras.

Desse modo, o conforto visual efetivo irá depender de como a iluminação é empregada, tanto para a luz natural como para a artificial, sem deixar de considerar os demais aspectos que influenciam o ambiente em questão. Em outras palavras, quanto menor for o esforço para o indivíduo se adaptar ao ambiente, maior será seu conforto visual (OSRAM, [20--]).

2.3 CONCEITOS BÁSICOS DE ILUMINAÇÃO

Na sequência serão apresentados os conceitos básicos relacionados a iluminação, de modo a facilitar o entendimento acerca do tema do estudo, das aferições e dos resultados obtidos.

2.3.1 A Luz, o Fluxo Luminoso e a Intensidade Luminosa

Fisicamente, a luz é simplesmente um tipo de radiação eletromagnética no alcance visível. Limitada pelas radiações infravermelhas e ultravioletas, o alcance visível está com radiações de comprimento de onda envolvido entre 380 a 780 nm, que tem a potência necessária para estimular a retina do olho humano, trazendo a sensação luminosa (RODRIGUES, 2002).

Para Pupo (2005), a luz que incide nos objetos tem parte absorvida e parte rebatida. Desse modo, a parte que é refletida é o que chega aos olhos, garantindo a observação dos objetos, de modo que a cor é determinada pela frequência da reflexão.

Rodrigues (2002), ao analisar a luz, observa que, além da impressão luminosa, existe a impressão da cor, que é resultado dos comprimentos de onda das radiações. Portanto, é notório que comprimentos de onda diferentes estabelecem sensações de luminosidade diferentes (Figura 1), ou seja, o olho humano tem sensibilidade desigual a cada cor do alcance visível.

Figura 1 - Impressão luminosa para diferentes comprimentos de onda



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

De acordo com o Manual Luminotécnico Prático da Osram ([20--]), as radiações de menores comprimentos de onda, como azul e violeta, produzem maior vivacidade quando submetidas a pouca luz; já radiações de maior comprimento de onda, como laranja e vermelho, geram maior expressividade quando submetidas a muita luz. Além disso, o olho humano possui diferentes sensibilidades para a luz.

Nesse momento, importante se faz definir o fluxo luminoso (φ), que é a quantidade de radiação de uma fonte de luz, no alcance visível, emitida por fonte luminosa e por segundo, sendo que sua unidade de medida é em lúmens (lm). É chamado de “pacote de luz” e é irradiado em todas as direções na forma de luz, conforme demonstra a Figura 2 (RODRIGUES, 2002).

Figura 2 - Fluxo luminoso

Fonte: Asolutec (2019)

Como a fonte luminosa não irradia a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso não tem distribuição uniforme, por isso se faz necessário medir a quantidade de lúmens em cada direção. Logo, a Figura 3 retrata a intensidade luminosa (I), que é a quantidade de fluxo luminoso irradiado na direção de um ponto, medido em unidades de candela (cd) (OSRAM, [20--]).

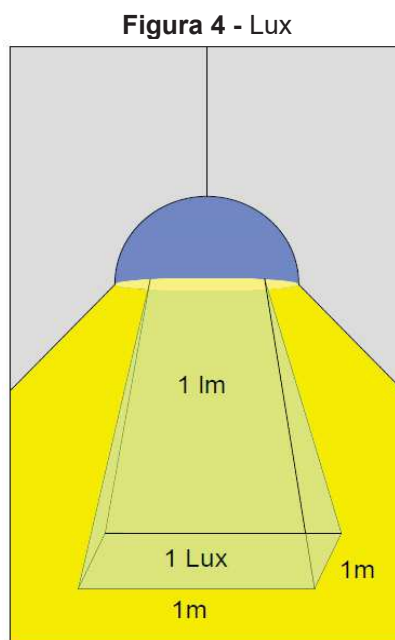
Figura 3 - Intensidade luminosa

Fonte: VivaDecoraPro (2019)

É notório através da figura 3, que a luz não alcança todo o ambiente na mesma intensidade, desta forma quando são realizadas aferições em um local para averiguar se o mesmo atende a norma, é preciso medir diferentes pontos dentro desse espaço de estudo.

2.3.2 Iluminância

Quando um fluxo luminoso atinge uma superfície, ali ocorre a iluminância (E). Um fluxo luminoso de um lúmen, incidindo sobre um metro quadrado de área, corresponde a um lux (lx), unidade da iluminância, como exemplificado na Figura 4 e expressado pela Equação 1. Como o fluxo luminoso não tem distribuição uniforme, ele não é o mesmo em todas as áreas de um mesmo ambiente, por isso usa-se a iluminância média (ELETROBRAS; PROCEL, 2011). Na prática, iluminância é a quantidade de luz dentro de um ambiente, podendo ser medida com a ajuda de um luxímetro (OSRAM, [20--]).



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

$$E = \varphi / A \tag{1}$$

Onde:

E: Iluminância, dada em lux;

φ : Fluxo luminoso, em lúmen;

A: Área, em metros quadrados.

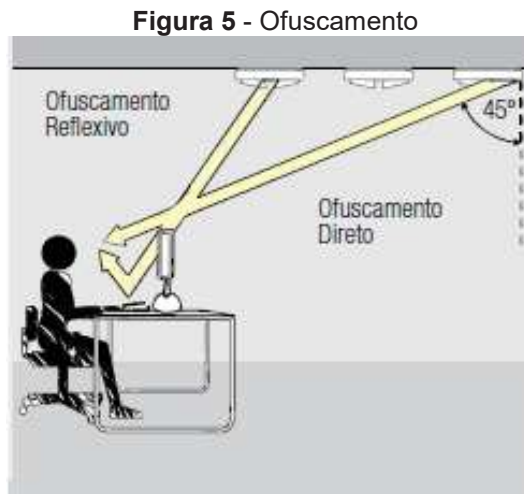
Importante definir o conceito de Iluminância mantida como sendo o limite inferior da iluminância média aferida no ambiente, ou seja, o valor que a iluminância média não deve estar abaixo. A medição da iluminância deve acontecer em pontos especificados na malha de medição; com esses valores é calculada a iluminância média. No caso das condições visuais não estarem normais, esses valores devem ser ajustados, de modo que a tarefa que ocorre sob contrastes muito baixos pode apresentar prejuízos em sua qualidade ou mesmo acarretar acidentes, havendo a necessidade de detalhe. Para tanto, a NBR 8995/2013 recomenda que a iluminação seja controlável (ABNT, 2013).

Para cálculo do nível de iluminância atual, deverá ser feito um mapeamento de forma simples, com o objetivo de se ter uma noção do nível médio. Através desse valor, será possível realizar estudos de alternativas de revitalização. O recomendado é medir o nível de iluminância sobre as mesas de trabalho, abrangendo todo o ambiente por amostragem. A uniformidade de uma iluminação é medida pela relação entre a iluminância mínima e a média obtida na área iluminada (ELETROBRAS; PROCEL, 2011).

Como exemplo, com relação ao ambiente proposto nesse estudo, para a condição visual normal e analisando os requisitos para a tarefa, segurança, conforto visual, economia e experiência prática, a NBR recomenda que as salas de aula devem ter 300 lux na tarefa e 200 lux no entorno imediato, valores para iluminância mantida.

2.3.3 Ofuscamento

No caso do ofuscamento, ele nada mais é do que o prejuízo na função visual causado pela presença de uma fonte de luz localizada no campo visual. Esse tipo de prejuízo pode ser tanto um ofuscamento direto (visualização direta da lâmpada) como um ofuscamento indireto (refletido através de superfícies refletoras ou brilhantes), como pode ser visto na Figura 5 (ELETROBRAS; PROCEL, 2011).



Fonte: Tateoki (2017)

O Índice de Ofuscamento Unificado (UGR) que é o nível de desconforto por ofuscamento, é fornecido pelo fabricante da luminária, logo, é um fator que deve ser observado e calculado quando se está fazendo um projeto de iluminação. Em projetos de salas de aula, a NBR 8995/2013 recomenda um valor máximo de ofuscamento com $UGR = 19$.

Desse modo, o ofuscamento deve ser limitado, com o intuito de diminuir a fadiga e evitar acidentes já que, quando o limite de ofuscamento desconfortável é respeitado, o ofuscamento incapacitante não gera problema. No caso dos ambientes internos, o ofuscamento é proveniente de janelas ou diretamente das luminárias, e para resolução dessa questão, a proteção pode ser feita por corte da visão direta nas lâmpadas ou por anteparos em janelas (ABNT, 2013).

2.3.4 A Reflexão, a Absorção e a Manutenção da iluminação

Outros conceitos importantes se referem a reflexão, a absorção e a manutenção da luz. Sobre a reflexão, Rodrigues (2002) diz que, ao se iluminar uma superfície, parte do fluxo luminoso reflete, parte é transmitido e outra parte é absorvido pela superfície, numa proporção que depende das qualidades materiais do objeto. Sabe-se que a luz não se propaga, e sim é refletida pela superfície do condutor. Por isso que metais são considerados bons condutores e a maioria dos espelhos são feitos com eles.

Com relação a manutenção da lâmpada, da luminária e do ambiente, essa deve ser feita para se preservar a iluminância mantida. O fator de iluminação calculado depende do equipamento de iluminação selecionado, bem como do seu cuidado. Para tanto, é necessário que o projetista determine o tempo de manutenção, depois selecione o equipamento de iluminação ideal para o ambiente, organizando um cronograma para limpeza, substituição e como isso deve ser feito, de modo a evitar que isso interfira na qualidade do ambiente (ABNT, 2013).

2.4 TIPOS DE ILUMINAÇÃO

Nas edificações, a iluminação natural acontece com o aproveitamento da luz do sol por janelas, portas, telhas translúcidas, aberturas zenitais. A iluminação solar acarreta grande impacto na qualidade visual, mas quando ocorre o excesso de iluminação, a luz pode trazer desconforto térmico e perda de privacidade (BOYCE *et al.*, 2003).

Em contrapartida, a iluminação artificial é toda fonte de luz produzida pelo homem, necessária para iluminação noturna, para complementar a iluminação natural em dias nublados ou quando a edificação não tem acesso a luz solar. A iluminação elétrica pode ter sido construída para parecer a luz do dia, mas nenhuma consegue imitar a variação que ocorre na luz do dia em horários diferentes, estações diferentes e sob diferentes condições de tempo (BOYCE *et al.*, 2003).

Segundo Rodrigues (2002), um projeto eficiente deve fazer a integração precisa entre iluminação natural e iluminação artificial, pois quando em uso exagerado da iluminação natural, a iluminação artificial pode ser desligada, mas há um aumento da temperatura do ambiente e em decorrência, se intensifica a utilização de sistemas de climatização.

2.4.1 Iluminação natural

O uso da luz natural, proveniente do Sol (podendo ser feixe de luz direta ou luz difusa pelas nuvens, poeiras), é o primeiro passo para um sistema de iluminação energeticamente eficiente. Lim *et al.* (2012) considera a iluminação natural como um tipo de estratégia passiva que auxilia no desempenho energético e promove benefícios ligados ao conforto visual.

Conforme Pereira (1993), o Brasil possui na maior parte da sua extensão boas condições de aproveitamento da iluminação natural, sendo que a luz proveniente da abóboda celeste e a luz direta do Sol possui uma alta eficiência luminosa que podem variar entre, respectivamente, 100- 130 lm/W e 90-115 lm/W.

Desta forma, o sistema de iluminação natural deve ter proteção contra os raios solares diretamente incidentes, visto que da radiação oriunda do sol, aproximadamente 50% (cinquenta por cento) é luz visível e aproximadamente 45% (quarenta e cinco por cento) é radiação infravermelha, a qual promove o aquecimento dos materiais e dos ambientes (HARA, 2015).

2.4.2 Iluminação artificial

Um projeto eficiente de iluminação artificial não é tarefa fácil. A iluminação não é para a edificação, e sim para os usuários; logo deve haver o uso de conceitos como quantidade de luz, uniformidade e ofuscamento. O rendimento do sistema de iluminação artificial está relacionado as características técnicas, eficiência e rendimento de componentes como: lâmpada, luminária, utilização de luz natural, cores das superfícies internas, mobiliário (LENZ, 2010).

2.4.2.1 Tipos de Lâmpadas

As lâmpadas geram a energia luminosa que lhes é característica através das luminárias, que são seu suporte e ajudam em uma melhor distribuição luminosa, preservando contra adversidades, possibilitando ligação à rede e contribuindo com a estética do ambiente. Essencialmente, podem ser divididas em três categorias: incandescentes, descargas e estado sólido (CREDER, 2007). É possível ver na Figura 6 alguns exemplos dessas lâmpadas:

Figura 6 - Modelos de lâmpadas mais utilizados



Fonte: Engenheiro na Web (2016)

Em relação as lâmpadas incandescentes, essas são muito populares nas residências, devido ao seu baixo custo de compra e a boa qualidade de luz emitida. Seu funcionamento ocorre dentro do bulbo de vidro, onde possui um filamento de tungstênio e gás inerte. Com a passagem de corrente elétrica por esse filamento, ocorre a liberação de energia, resultando em luz e calor e por isso, as lâmpadas incandescentes aquecem seu bulbo de vidro (VOITILLE, 2018).

As lâmpadas incandescentes comuns (Figura 7) devem ser usadas em locais onde se deseja luz dirigida, manejável e com versatilidade de escolha de abertura de fecho luminoso. Com boa temperatura de cor, amarelado, próximo de 2700 K e total reprodução de cor, as lâmpadas incandescentes comuns, decorativas ou refletoras têm uso principalmente residencial, para iluminação geral ou efeitos especiais (RODRIGUES, 2002).

Porém, sua utilização também pode ocorrer em ambientes comerciais, podendo ser usadas para destaque em mercadorias, na iluminação geral ou ainda em estufas de secagem, com lâmpadas infravermelhas (CREDER, 2007).

Figura 7 - Lâmpadas incandescentes: clássica transparente, opaca, vela, de geladeira, anti-inseto e espelhada



Fonte: Voittle (2018)

Já as lâmpadas halógenas são lâmpadas incandescentes, de pressão alta e com gases halógenos (iodo ou bromo), permitindo que os filamentos operem em temperaturas mais altas e que tenham eficiências luminosas maiores, resultando em uma lâmpada com vantagens adicionais quando comparada às incandescentes comuns. Essas lâmpadas têm a luz mais branca e uniforme durante toda a vida além de possuírem uma vida útil mais longa, com dimensões menores (ELETROBRAS; PROCEL, 2011).

Quanto as lâmpadas de descarga, a luz é produzida através de uma descarga elétrica contínua em contato com um gás (argônio, hélio, neônio, xenônio ou criptônio) ou vapor ionizado (de mercúrio ou de sódio), podendo conter também fósforo depositado dentro do bulbo que, através da excitação da radiação de descarga, provoca uma luminescência (BASTOS, 2011).

Um exemplo de lâmpadas de descarga são as lâmpadas fluorescentes: tratam-se são lâmpadas de descarga de baixa pressão. Essas lâmpadas possuem ótima performance, sendo indicadas para iluminação de interiores, como lojas, escritórios, indústrias, variando o modelo de acordo com espectro necessário para cada uso. Em residências, podem ser aplicadas em ambientes como cozinha, banheiro e garagem. Elas permitem o perfeito destaque das cores, exceto a lâmpada fria ou morna que tem uma aceitável visualização do espectro de cores. A lâmpada do tipo HO (*high output*) se destaca entre as fluorescentes, devido a sua alta eficiência, logo economia de energia (CREDER, 2007). Conforme Figura 8, é possível se visualizar uma lâmpada HO fluorescente:

Figura 8 - Lâmpada HO fluorescente



Quando comparadas as lâmpadas incandescentes, as fluorescentes têm consumo 80% menor, vida útil dez vezes maior (que implica menos manutenção), esquentam menos o ambiente e têm boa reprodução de cores. Além disso, com a tecnologia do pó trifósforo, a lâmpada tem tonalidade adequada para cada ambiente (RODRIGUES, 2002).

Ainda fazendo um comparativo, apesar da lâmpada mista (uma combinação de uma lâmpada vapor de mercúrio com uma lâmpada incandescente) ter eficiência inferior a fluorescente, ela é superior à incandescente. Além disso, ela tem uma duração de vida razoável, porém com a temperatura de funcionamento do filamento estando baixo, levando a uma redução do rendimento (OSRAM, [20--]).

Outros exemplos de lâmpada de descarga são as lâmpadas de vapor de mercúrio e as lâmpadas de vapor de sódio. Na primeira, a luz é gerada pela fusão de excitação e fluorescência. É uma luz com boa reprodução de cores e eficiência luminosa com até 60 lm/W e seu funcionamento exige um reator específico, que comanda a corrente e tensão de operação. Deve-se tomar cuidado caso a lâmpada esteja quebrada, pois a luz emite ultravioleta que faz mal a saúde (RODRIGUES, 2002).

As lâmpadas de vapor de mercúrio são lâmpadas de reação (processo semelhante ao das fluorescentes). Seu índice de reprodução de cores é baixo (IRC entre 40 e 60) e sua vida útil em torno de 24.000 h. Ela é utilizada tradicionalmente na iluminação pública. Sua principal vantagem é a longa duração de vida média e seu preço relativamente baixo quando comparado com as outras lâmpadas de descarga de alta pressão (OSRAM, [20--]).

Já o segundo tipo, as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, são consideradas lâmpadas com altíssima eficiência energética, até 130 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição. Apresentam-se em versões tubulares e elipsoidais, sendo que estas últimas se diferem pela emissão dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Esse tipo de lâmpada é amplamente utilizada na iluminação externa, nas avenidas, autoestradas, viadutos, complexos viários, etc., além de áreas industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos (ELETROBRAS; PROCEL, 2011).

Por fim, estão as lâmpadas de estado sólido LED (*light emitting diodes*). Essas lâmpadas têm rendimento energético maior que lâmpadas fluorescentes compactas. Num comparativo, uma lâmpada incandescente de 60 W pode ser trocada por uma lâmpada de LED de 3 W. Seu uso pode acontecer em painéis, semáforos, aparelhos eletrônicos (CREDER, 2007).

Por ter o maior rendimento, a lâmpada de LED é mais econômica. Apesar de ser mais cara, como tem uma longa vida útil e menor consumo de energia, o retorno no investimento da lâmpada é rápido. Ecologicamente falando, a lâmpada de LED é a melhor alternativa, pois sua composição não é nociva, diferente da incandescente, em que o vidro tem partículas de metal ou a fluorescente que é composta por mercúrio. Um ponto negativo do LED é seu fluxo luminoso, que é inferior ao fluxo da lâmpada incandescente e fluorescente quando testado em ambiente de trabalho (SANTOS *et al.*, 2018).

2.4.2.2 Luminárias

As luminárias são aparelhos que se conectam a lâmpadas e mudam a distribuição espacial do fluxo luminoso. Uma luminária eficiente melhora a performance do sistema de iluminação, sendo que essa eficiência pode ser retirada pela diferença entre o fluxo luminoso dela mesma e o fluxo luminoso da lâmpada sozinha. Itens como materiais, refletância da superfície e forma alteram a quantidade de luz emitida da luminária. Com isso elas podem controlar, distribuir e filtrar a quantidade de luz emitida pelas lâmpadas, de acordo com as funções que irão possuir no ambiente (RODRIGUES, 2002).

Assim, ao se definir e conceituar os itens relevantes à questão da iluminação, fica mais fácil a realização das medições e análises necessárias para que se cumpram os objetivos do estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os próximos tópicos informarão qual método utilizado para produzir a pesquisa, a escolha dos locais analisados, como foram coletadas as medições necessárias e o instrumento empregado para a coleta de dados. Além disso, é possível analisar a forma de estudo das informações adquiridas em campo.

3.1 MÉTODO DA PESQUISA

O método de pesquisa utilizado no estudo foi o método descritivo, pois ocorreu a partir da coleta de dados com análise detalhada da situação problema, onde se procurou relacionar e descrever as variáveis sem interferir nas informações obtidas. Segundo Gil (2009), as pesquisas descritivas têm a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. A partir daí, recolheu-se os dados através da técnica de coleta de dados quantitativa, na qual se permitiu estruturar as variáveis da pesquisa, com o intuito de reunir e analisar os dados, apresentando os resultados em forma de gráficos.

A pesquisa objetivou mensurar, logo serve para medir a iluminação e comparar se está de acordo com a norma. Para isso, com procedimento em formato de pesquisa de campo, há investigação direta para obter resposta mais assertiva. Assim, a pesquisa foi baseada na NBR 8995/2013 que define como medir a iluminância de cada sala de aula e posteriormente foi feita comparação com a norma com os limites estabelecidos pela mesma, com o intuito de saber se o ambiente está de acordo ou não.

Haverá atendimento à norma se, através das medições realizadas nas salas de aulas das quatro escolas, ficar constatado que as iluminâncias médias das salas, nas condições propostas, forem maiores ou iguais a iluminância mínima. Conseqüentemente, quando a iluminância média for menor que àquela exigida pela NBR, não haverá atendimento a norma.

3.2 ESCOLHA DO AMBIENTE

Primeiramente, se fez necessário selecionar as escolas e as salas onde seria desenvolvida a pesquisa, ou seja, onde seriam realizadas as aferições e avaliações.

Para definir tais locais, foi necessário entrar em contato com a Secretaria da Educação de Toledo. Nesse contato, a representante do setor, indicou as escolas que se encaixariam no perfil do trabalho: escolas essas que atendiam somente alunos em idade pré-escolar até o quinto ano do ensino fundamental e que sejam de uso exclusivamente municipal.

A escolha por turmas dessa faixa etária se fundamenta no grau de educação em que essas crianças se encontram, sendo que na pré-escola a criança começa sua vida escolar efetiva, com diversos aprendizados e no primeiro ano do ensino fundamental acontece à alfabetização, passo importante na formação educacional da criança. Além disso, é onde ocorrem muitas adaptações dos alunos à rotina e às exigências escolares mais complexas.

Assim, através dessa pesquisa, obteve-se a informação de que, na cidade de Toledo, existem trinta e seis escolas municipais, das quais doze estão nos distritos. Outra informação obtida nessa etapa foi que, do total de escolas mencionado acima, sete escolas são compartilhadas entre município e estado e a maioria delas tem mais de uma turma em cada ano.

A partir dessa informação, o afinilamento e a seleção das escolas foram feitos seguindo dois critérios: escolas que tenham uma turma para cada série do fundamental e que tenham aulas no período matutino e vespertino. Logo, as escolas que se enquadravam foram quatro, sendo duas na cidade e duas nos distritos: Escola Municipal Antônio Scain, localizada no Jardim Filadélfia; Escola Municipal Ivo Welter, no Bairro Santa Clara IV; Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental Osvaldo Cruz, no distrito de Vila Nova e; Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental Orlando Luiz Basei no distrito de Novo Sarandi.

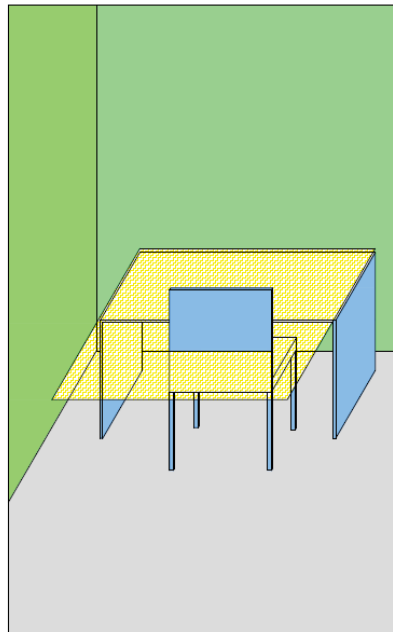
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

A seguir, foi relatado como foram realizadas as aferições de iluminância, tratando sobre a definição das áreas de tarefa e entorno, como foi encontrada a malha de medição, qual o aparelho de medição utilizado e como foram tabulados os dados.

3.3.1 Área de tarefa e entorno imediato

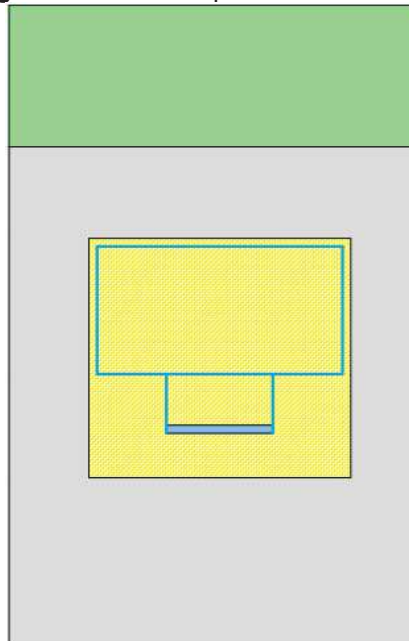
A Norma 8995/2013 determina que: “A área da tarefa é definida como a área parcial no local de trabalho em que a tarefa é realizada” (ABNT, 2013). Desse modo, a área da tarefa é onde a atividade está localizada e é realizada, no caso a área da carteira, como ilustrado na Figura 9, em que a área de tarefa vai além dos limites da mesa.

Figura 9 - Área da tarefa



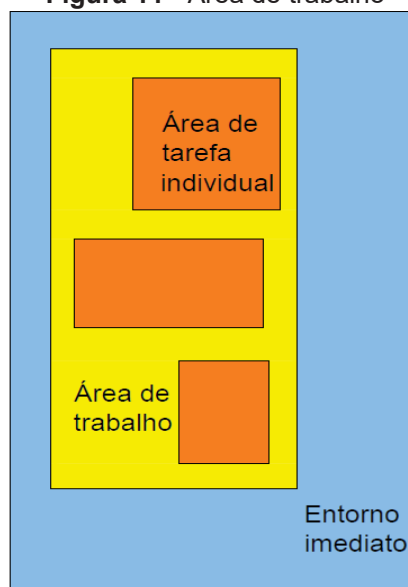
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Conforme Figura 10, é possível vislumbrar a vista superior da localização área utilizada para execução de uma tarefa em uma mesa.

Figura 10 - Vista Superior área da tarefa

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

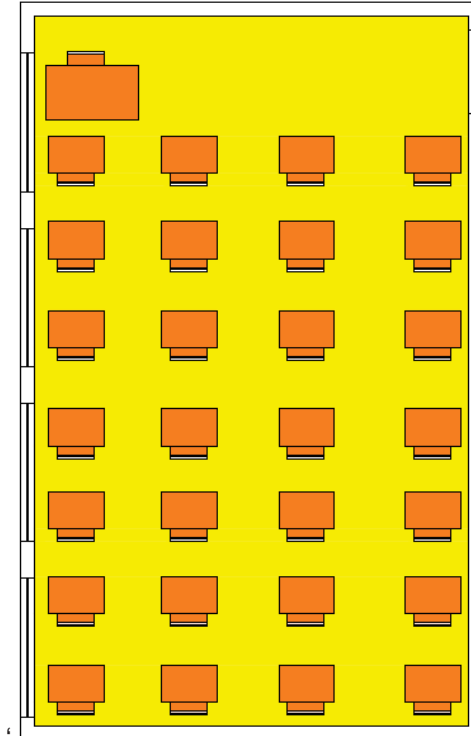
Por conseguinte, a área em volta da área da tarefa é considerada o entorno imediato. A NBR determina que a faixa do entorno tenha ao menos 0,5 m de largura. Quando a localização da área da tarefa for imprecisa, na qual se tem mais de uma área de tarefa individual (retângulos alaranjados da Figura 11), recomenda-se somar áreas de trabalho formando uma área de trabalho maior (retângulo amarelo observado na Figura 11), ou pode-se considerar a sala toda quando a localização da atividade for desconhecida.

Figura 11 - Área de trabalho

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

No caso, como as carteiras nas salas de aulas podem sempre estar próximas às paredes, conforme Figura 12, considera-se a área de tarefa como a sala inteira, ou seja, toda a área amarela, desprezando a área de entorno imediato, a uma altura de 0,75m aproximadamente, que é a altura das carteiras.

Figura 12 - Área de tarefa sala de aula



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Assim, definida a área de tarefa da pesquisa, ou seja, onde é realizado o trabalho do aluno, o próximo passo foi reconhecer a malha de medição, considerando tal informação.

3.3.2 Malha de medição

A malha para aferição da iluminância e uniformidade média está sujeita ao tamanho e área de tarefa e entorno da sala de aula, da localização, distribuição do sistema de iluminação instalado e da precisão demandada.

A NBR orienta que para salas pequenas, com maior dimensão próxima a 5m, o tamanho da malha fica limitado a 0,6m; para salas médias, com maior

dimensão próxima a 10m, o tamanho da malha fica limitado a 1m e para salas grandes, com maior dimensão próxima a 50m, o tamanho da malha se limita a 3m.

Todavia o tamanho da malha é regido pela Equação 4:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10} d} \quad (4)$$

Sendo:

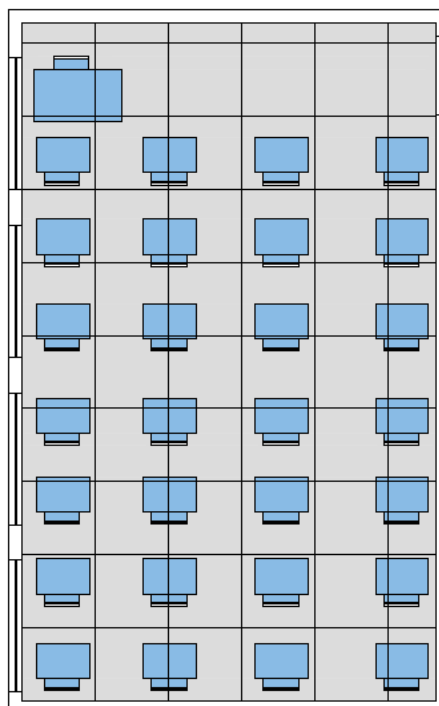
p : o tamanho da malha em metros;

d : é a maior dimensão da superfície de referência, usada em metros.

A quantidade de medições é determinada pelo número inteiro mais próximo da relação d para p . Assim, se a relação comprimento por largura não estiver entre 0,5 e 2, deve ser usada a menor dimensão do ambiente para encontrar, o tamanho da malha (p) e o número de pontos.

O que resulta em, determinar o tamanho da malha de medição, dividir a sala de aula em retângulos e no centro de cada um desses retângulos medir a iluminância com o aparelho luxímetro, como exemplificado na Figura 13. Assim, ao se fazer a média aritmética dos pontos, é possível se obter a iluminância média.

Figura 13 - Malha de medição



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

3.3.3 Medições de iluminância

De extrema importância para o processo de coleta de dados, o instrumento utilizado nas aferições foi o luxímetro, o qual mede a intensidade de luz através de um sensor, determinando a iluminância do local apurado. O aparelho que foi utilizado para a pesquisa é da marca Victor, modelo 1010A, com dimensões 135(A) X 74(L) X 30(P)mm o corpo e 106(A) x 54(L) x 28(P)mm o sensor, conforme Figura 14.

Segundo o fabricante, o instrumento tem faixa de medição de 0,1 a 5000 lux, com diferentes faixas de resoluções que variam de 0,1 a 100 lux com troca automática. Além disso, ele também tem resposta espectral em linha com os padrões internacionais *CIE Lighting Association (Commission Internationale de l'Eclairage)*.

Determinada a malha de medição, liga-se o aparelho, retira-se a capa de proteção do sensor e então o luxímetro é posicionado no centro de cada um dos retângulos da malha de medição, na altura das carteiras e anota-se o valor mostrado no visor, para posterior análise.

Figura 14 - Luxímetro



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

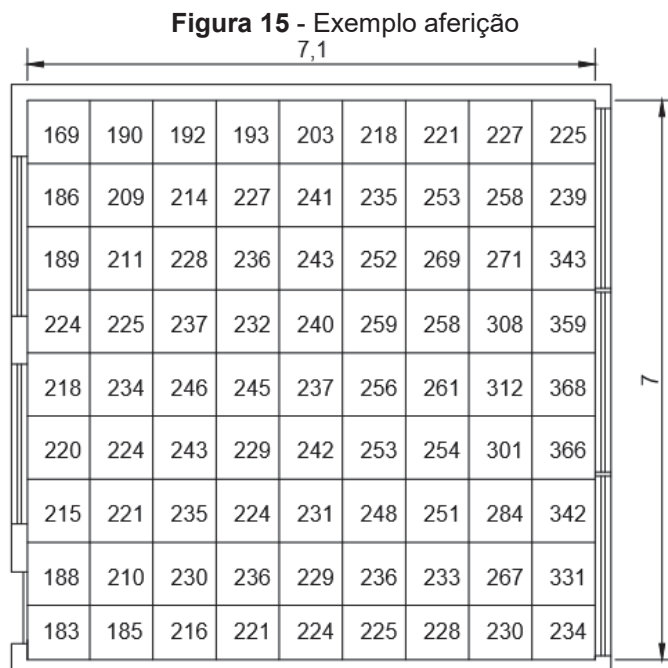
3.3.4 Coleta de dados

Nas escolas foram selecionadas as salas de acordo com faixa etária dos alunos, uma sala de cada ano escolar, do pré I ao quinto ano. Desta forma, foram

definidas as 7 salas de aula analisadas em cada uma das quatro escolas, resultando no total de 28 ambientes para a pesquisa.

Objetivando facilitar a análise dos dados coletados em campo, foi criado um formulário, de modo a permitir a padronização das informações obtidas, a fim de obter uma análise mais eficiente, quando comparadas. Esse material, apresentado no APÊNDICE A contém as seguintes informações: o nome da unidade escolar; o número da sala em estudo; o dia que foi coletado as informações; as dimensões do ambiente, bem como suas cores: chão, paredes, teto e mobília; a quantidade e o tipo de lâmpadas e luminárias; as dimensões das janelas; a orientação geográfica do local e, por fim, o valor de p e a luminância média da sala.

A partir deste formulário foram registrados os dados pertinentes para caracterizar a sala pesquisada. Em seguida, foi criado o esboço de cada ambiente a partir das medidas coletadas, sucedendo então para o cálculo da malha de medição, permitindo encontrar os locais para aferição da iluminância com o luxímetro. Os valores obtidos com o luxímetro foram anotados para posteriormente adquirir a iluminância média, através de cálculo da média das iluminâncias de cada ambiente.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

A Figura 15 mostra um exemplo de como ocorreram as aferições nas salas de aula. Com a medida das dimensões da sala, se fez uso da fórmula da malha de

medição e chegou-se a $p = 0,79m$, com esse valor se dividiu os lados da sala, o que resultou em uma grade de nove por nove medições.

As medições realizadas em todos os ambientes selecionados ocorreram ao longo do dia, com as cortinas fechadas e abertas, com lâmpadas acesas e apagadas, para se encontrar as diferenças de iluminâncias e relacionar com cada eventualidade que influenciou nesse resultado. Com os valores da iluminância média de cada sala, foi realizada a tabulação dos dados em planilha eletrônica, permitindo a análise gráfica dos resultados obtidos, verificando se a iluminação estava de acordo com a norma.

Todas as aferições aconteceram no final do ano letivo de 2018. Nesse período o tempo estava majoritariamente ensolarado, apresentando alguns dias de sol e nuvens.

3.3.5 Análise de Dados

Depois de coletadas todas as informações, os dados foram tabulados em planilha eletrônica. Para o cálculo da iluminância média fez-se uso de estatística, para desconsiderar os dados espúrios, dados que deslocariam a média de iluminância nas salas de aula.

Para isso foi calculada a média e o desvio padrão de cada coluna da malha de medição, para determinar os limites superior e inferior. Foi estabelecido a média mais desvio padrão como limite superior e média menos desvio padrão como limite inferior. Assim, só foram consideradas as aferições dentro deste limite para o cálculo da iluminância média de cada sala.

De maneira análoga ao método de cálculo de iluminância de cada sala, foi calculado um valor que define ou exemplifica as médias de iluminância encontradas em cada escola municipal, fazendo uso dos valores calculados para cada sala.

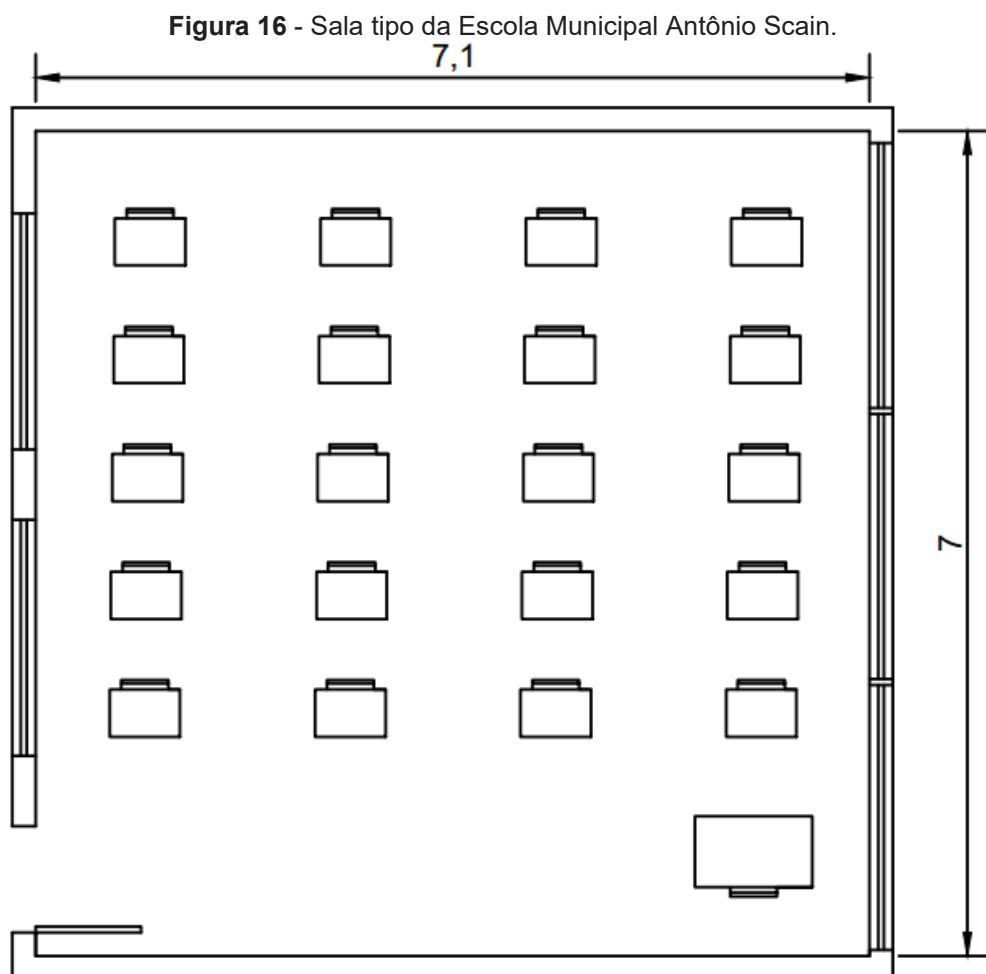
Foi calculada a média e o desvio padrão e estabelecido como média mais desvio padrão e média menos desvio padrão, o respectivo limite superior e inferior para selecionar os dados e chegar a média final de iluminância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizadas todas as medições, com a obtenção de todas as informações e dados necessários, tornou-se possível a análise dos resultados apresentados a seguir.

4.1 ESCOLA MUNICIPAL ANTÔNIO SCAIN

A Escola Municipal Antônio Scain possui suas salas de aula com medidas muito próximas, conforme pode ser visto na Figura 16. Essas salas estão em edifício único dividido por corredor, tendo parte das salas com janelas orientadas ao lado sul e parte orientada ao lado norte.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Ao lado do corredor ficam as janelas altas, localizadas na parte superior da alvenaria, que recebem iluminação artificial, e ao lado oposto da sala, ficam as janelas principais, de maior área, que recebem iluminação natural, totalizando 12,19 m² de área de janela no ambiente.

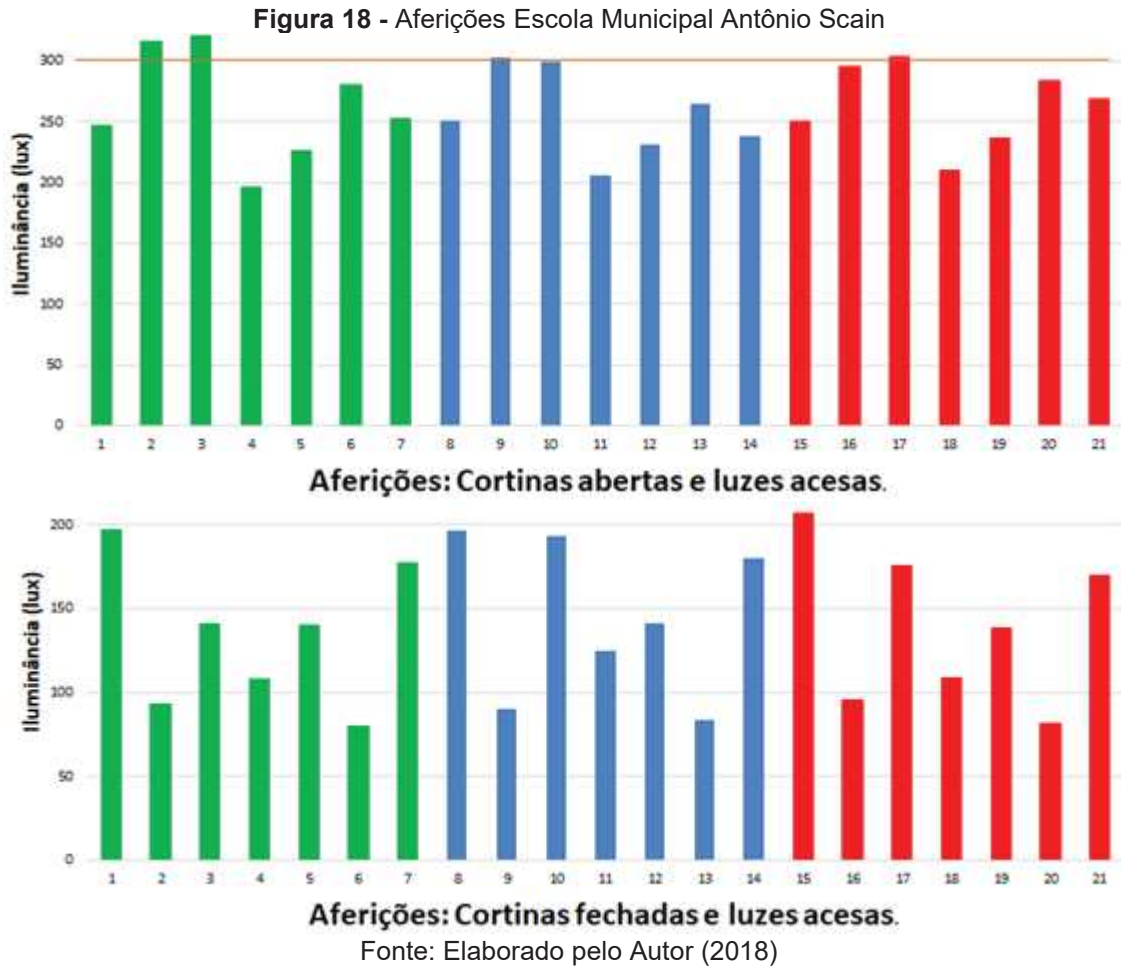
A sala tem aproximadamente 50 m², o ambiente é majoritariamente branco, com decorações e mobiliário colorido, como pode ser visto na Figura 17. Ninguém soube informar quando foi realizada a última reforma, mas a iluminação está em condições precárias, faltando muitas lâmpadas na maioria das salas. Todas as lâmpadas são do tipo tubular fluorescente e as luminárias recebem uma ou duas lâmpadas.

Figura 17 - Sala de aula da Escola Municipal Antônio Scain.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Na condição de luzes acesas e cortinas abertas, aproximadamente 23,8% das 21 medições atingiram o mínimo exigido em norma, ou seja, a iluminância de 300 lux, sendo esse o maior índice em função de contar com iluminação natural e artificial. Quando analisada a condição luzes acesas e cortinas fechadas nenhuma aferição chega à iluminância de 300 lux, como pode ser observado na Figura 18. Nas demais condições propostas, nenhuma das salas apresentou a iluminância mínima exigida, sendo que todas as medidas foram inferiores ao mínimo exigido.



Em contrapartida, as medições mais baixas obtidas quando em situação de cortinas abertas, tanto com luzes acesas como apagadas foram nas salas com orientação voltada para o norte, mostrando assim que, nessa escola, o sentido norte é o que tem menor iluminação natural. Essa diferença em questão pode ser explicada pelas muitas árvores presentes ao lado das janelas ao norte, dificultando assim a entrada da luz natural, comum de ocorrer, conforme já exposto anteriormente.

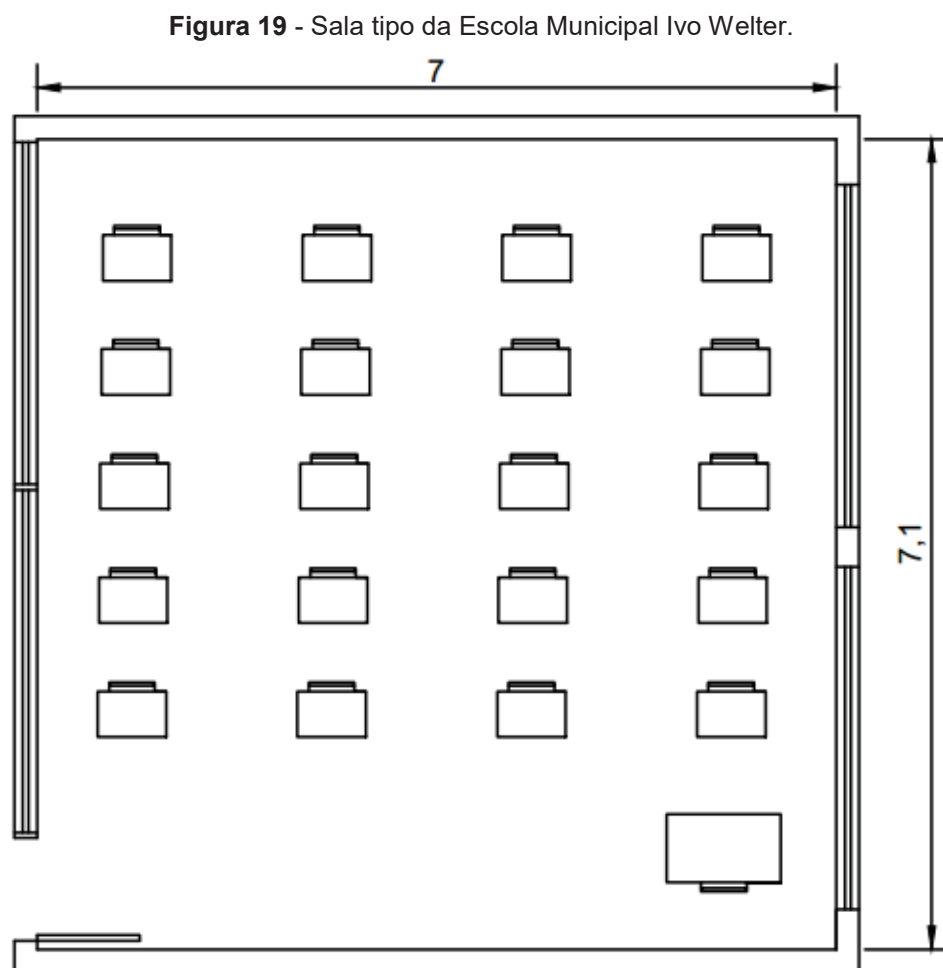
Outro fator que pode ter ocasionado as medições inferiores àquela exigida pela norma é o baixo número de lâmpadas nas salas, sendo que algumas delas contam com apenas 6 lâmpadas no total. Quando se considera que as salas possuem as mesmas medidas, e que algumas possuem 18 lâmpadas no total, percebe-se a defasagem da iluminação artificial.

Dessa forma, mediante o exposto, fica clara a necessidade da realização de manutenção na iluminação das salas de aula dessa escola, bem como o estudo da questão da luz natural, já que em algumas das salas, a posição da mesma em

função das árvores existentes ao redor prejudicaram a iluminação, não obtendo assim a iluminância necessária.

4.2 ESCOLA MUNICIPAL IVO WELTER

No caso da Escola Municipal Ivo Welter, ela também têm suas salas com medidas e disposição semelhantes entre si, que resulta na sala tipo exemplificada na Figura 19. Todas as salas têm sua medida próxima de 50 m²; possuem janelas principais com orientação sul e janelas altas orientação norte. A soma da janela alta e principal resulta em 10,8 m² de área total.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

As salas estão divididas em alguns blocos, sendo no prédio mais ao norte e no prédio intermediário as turmas do 1º a 5º ano e no prédio mais ao sul as turmas de Prés I e II. O ambiente é claro com tons de bege e branco, com o mobiliário bege, como pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 - Sala de aula da Escola Municipal Ivo Welter.

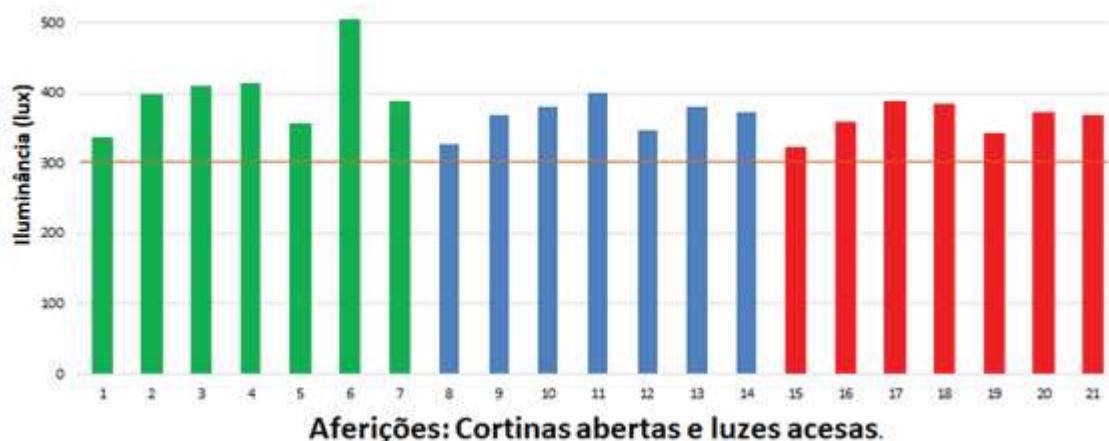


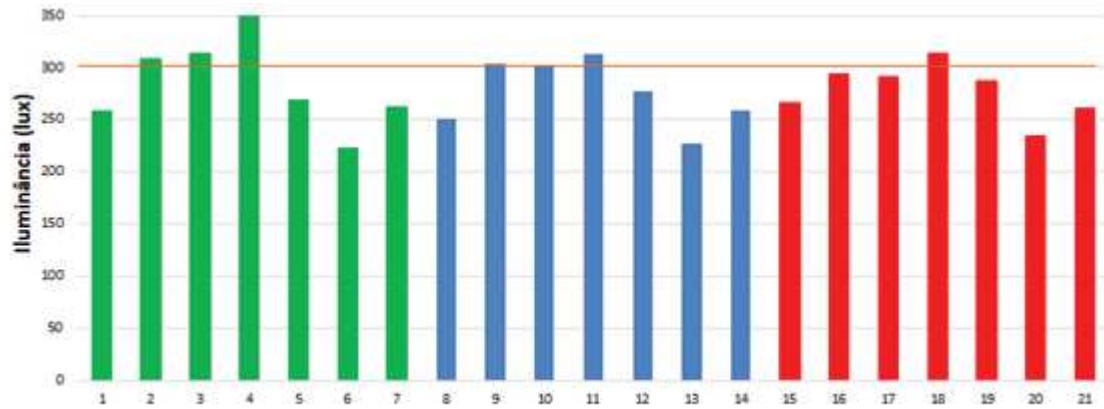
Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Através da pesquisa foi possível obter a informação de que em 2018, alguns meses antes da realização das medições, a escola havia passado por reforma na iluminação. Isso justificou o fato de que todas as salas estavam com luminárias completas, sendo todas as lâmpadas do modelo tubular fluorescente.

Nas medições realizadas com as cortinas abertas e luzes acesas, nos três dias, todas as salas superaram a iluminância mantida de 300 lux. Já na condição luzes acesas e cortinas fechadas, apenas 33,3% das aferições atenderam a norma, como pode ser atentado na Figura 21.

Figura 21 - Aferições Escola Municipal Ivo Welter





Aferições: Cortinas fechadas e luzes acesas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Vale salientar ainda o fato de que as cortinas da escola não blindam totalmente a entrada de luz, proporcionando valores de iluminâncias chegando a 149 lux na condição luzes apagadas e cortinas fechadas.

4.3 ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO FUNDAMENTAL OSVALDO CRUZ

Na Escola Osvaldo Cruz, diferente das demais analisadas até aqui, foi percebido que não existe um padrão das salas, ou seja, as dimensões dos ambientes são diferentes entre si, assim como as áreas de janelas e a sua orientação geográfica. Essas diferenças resultam em vários tipos de sala, como pode ser verificado na Figura 222.

Figura 222 - Modelos de sala da Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental Osvaldo Cruz.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Em relação a construção, trata-se de uma escola antiga e sem manutenção da iluminação, com muitas lâmpadas em falta e algumas queimadas. Todas as lâmpadas são tubulares fluorescentes. Como pode ser visualizado na Figura 23, as salas têm tonalidades claras, com tetos e paredes brancas e chão bege e o mobiliário é cinza, vermelho e branco.

Figura 233 - Sala de aula da Escola Osvaldo Cruz

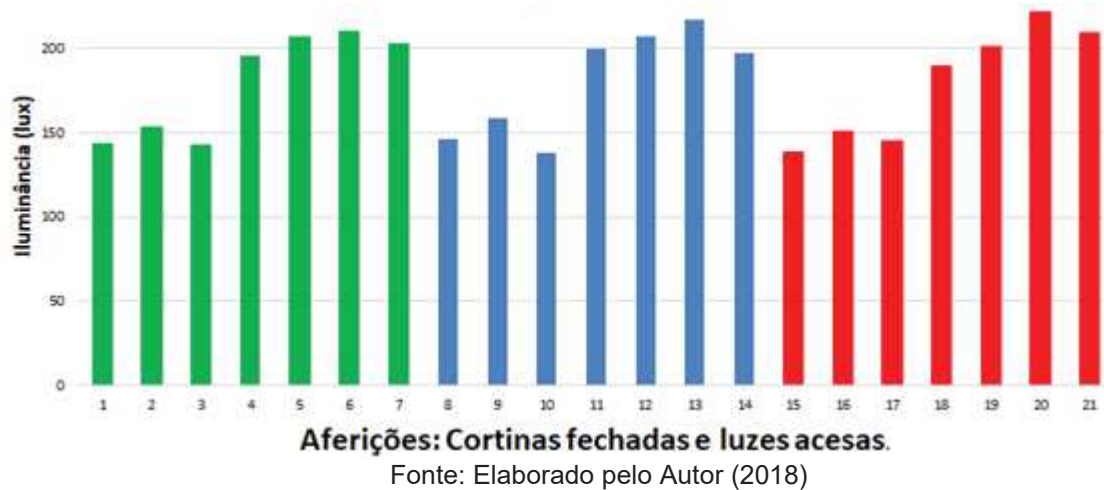


Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Todas as aferições dos tipos luzes acesas e cortinas abertas e luzes acesas e cortinas fechadas ficaram abaixo de 300 lux, conforme atentado na Figura 24. Isso demonstra o quão fraca é a iluminação artificial, apontando a necessidade de melhorias. Além disso, a iluminação natural também não é bem explorada, já que algumas salas como do pré II têm área de somente 5 m² além de estar no sentido oeste, orientação essa que tende a contar com uma luz natural mais fraca pelas manhãs e mais forte no período da tarde.

Figura 244 - Aferições Escola Municipal Osvaldo Cruz

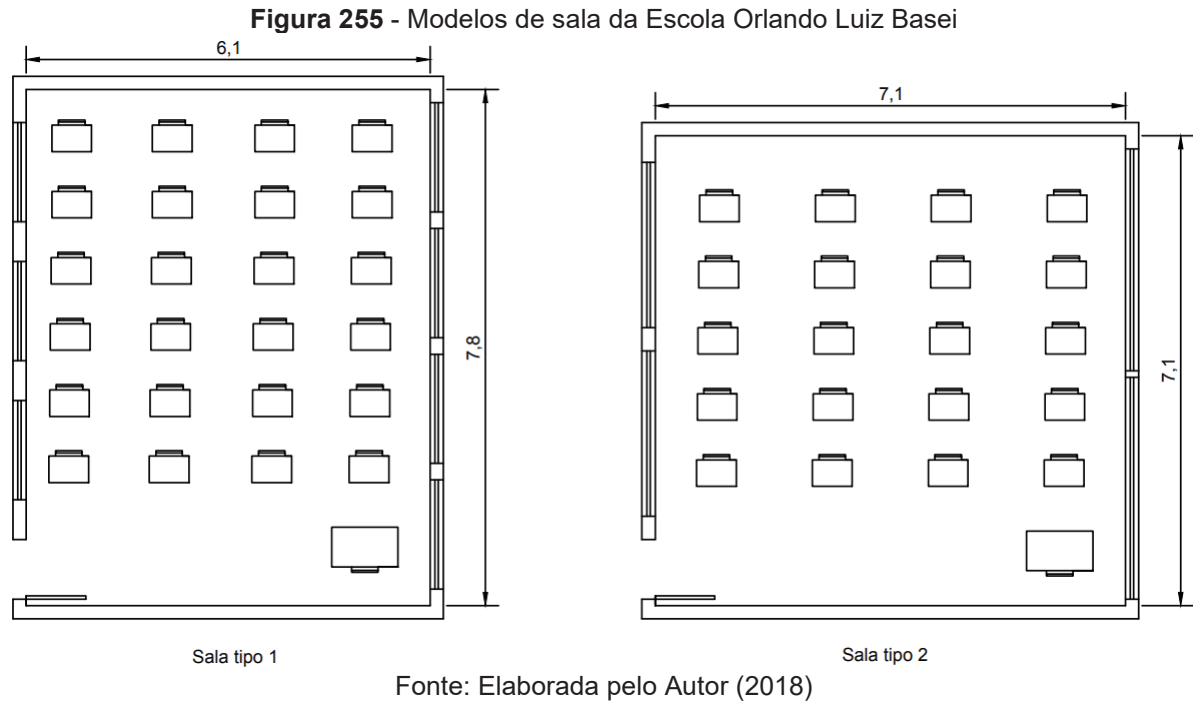




Desse modo, foi possível perceber a necessidade de correções tanto na iluminação artificial como nos problemas em relação a iluminação natural, ou seja, no posicionamento de algumas das salas que prejudicam a iluminância delas, de modo a corrigir o problema em relação ao não atendimento da norma estabelecida.

4.4 ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO FUNDAMENTAL ORLANDO LUIZ BASEI

Por último, foi analisada a Escola Orlando Luiz Basei. Essa escola possui salas que podem ser resumidas em dois tipos, como demonstrado na Figura 25. Todas as salas têm aproximadamente 50 m², sendo que as salas do tipo 1 são usadas do pré I ao 3º ano, enquanto que as salas do tipo 2 são para 4º e 5º anos.



Como demonstra a Figura 26, as salas têm o teto branco, o piso mesclado em tons claros, enquanto que as paredes são lilás na maioria das salas, sendo a exceção na cor bege. A informação obtida foi que a última reforma foi feita há aproximadamente quatro anos e com ela houve um aumento da área das janelas das salas Tipo 1, resultando em 13 m². Já a construção das salas tipo 2 são mais recentes e, por consequência, não foram feitas reformas ainda, sendo que neste modelo, as salas contam com uma área de janela de 11,4 m².

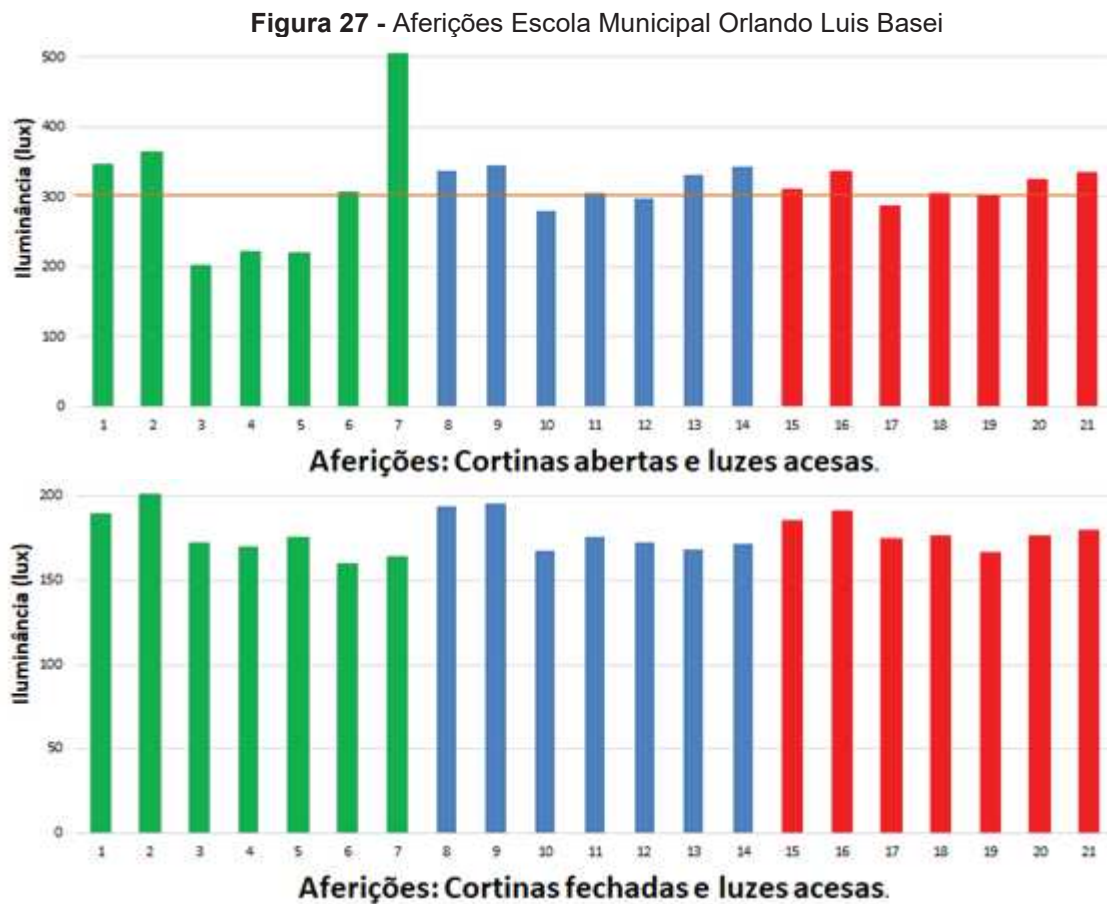
Figura 266 - Sala de aula da Escola Orlando Luiz Basei



Fonte: Elaborada pelo Autor (2018)

Quanto a iluminação das salas, há lâmpadas queimadas ou ausência de lâmpadas, comprometendo a iluminação artificial das salas. As lâmpadas utilizadas nessa escola são do tipo tubular e fluorescente.

Referente às medições, em 71,4% das 21 aferições feitas com as luzes acesas e as cortinas abertas, foi atingida a iluminância mínima exigida por norma de 300 lux. Nas situações de luzes acesas e cortinas fechadas e luzes apagadas e cortinas fechadas, nenhuma medição atingiu a norma, como pode ser observado na Figura 27.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

A diferença de área das janelas não causou impacto direto sobre as iluminâncias, visto que a sala do quinto ano tem área de 11,4 m² e sob uma forte incidência solar atingiu uma iluminância de 504 lux, enquanto que a sala do pré II tem uma área de janela de 13 m² e atingiu uma iluminância de 364 lux, sendo as duas iluminâncias na condição janelas abertas e luzes acesas.

4.5 ANÁLISE FINAL

Os valores finais que definem, ou exemplificam, as médias de iluminância encontradas em cada escola municipal, em cada uma das condições analisadas, podem ser atentados na Figura 28. Os valores resultam na escola Antônio Scain com 255,94 lux, a escola Ivo Welter com 376,12 lux, a escola Osvaldo Cruz com 246,39 lux e a escola Orlando Luiz Basei com 321,02 lux, todos para a condição luzes acesas e cortinas abertas.

Figura 28 - Valores finais

Condição	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada
Antônio Scain	255,94	146,05	151,80	3,02
Ivo Welter	378,12	277,91	231,15	105,37
Osvaldo Cruz	246,39	190,96	113,16	11,30
Orlando Luiz basei	321,02	173,74	275,65	5,64

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Mediante o exposto, reunindo os dados das quatro escolas (Apêndice B), constatou-se que apenas 16,67% das 336 medições realizadas nas sete salas das quatro escolas, nos três dias de medições e sob os quatro tipos de situações atingiram a NBR 8995/2013.

Quando considerada a orientação, percebeu-se que o sentido norte e a área de janela não garantiram quantidade de iluminância. Importante ressaltar que, para que esses fatores relacionados a localização e a área da janela possam influenciar nas medições, é necessário que essas janelas estejam livres para receber a energia solar, fato esse que não acontecia, pois muitas das janelas eram sombreadas por árvores. Isso tornou possível a percepção do quão importante é um bom projeto arquitetônico, que considere esses fatores além da importância da análise do entorno, já que ela causa interferência na edificação.

A única escola em que todas as salas atenderam os 300 lux foi a Escola Municipal Ivo Welter, na condição de luz acesa e cortina aberta, que, coincidentemente, passou por uma reforma recente na questão de iluminação, realizando a manutenção necessária, demonstrando assim a problemática relacionada a falta de manutenção da iluminação elétrica.

Importante salientar que realizar a manutenção de um conjunto de luminária e lâmpadas eficientes faz com que o ambiente possa alcançar ou estar mais próximo

da iluminância média exigida em norma, considerando-se o fato de que a iluminação solar deve ser usada apenas como complemento da iluminação artificial.

Com base nessas informações, ficou demonstrado o quão prejudicado está a iluminação das escolas municipais, pois, se no período do ano que predominantemente há presença de sol a iluminância média não é alcançada em situações favoráveis, dificilmente será alcançada em períodos de menor incidência solar ou em dias nublados e de chuva.

A partir daí, constata-se a necessidade do aumento da quantidade de lâmpadas nas salas de aulas, pois a iluminação da sala de aula não pode depender da iluminação natural para atingir os valores mínimos necessários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente escolar tem grande influência no aprendizado do aluno de modo que a sala de aula deve apresentar o conforto visual necessário. Para tanto, as escolas devem atender os padrões construtivos mínimos com qualidade e segurança. Assim, considerando-se a NBR 8995/2013 que apresenta os parâmetros de iluminância, foi possível através desse estudo averiguar em quais condições as escolas do município de Toledo se encontram no quesito iluminação, já que, níveis muito altos ou muito baixos de luz podem causar o cansaço visual, que leva a um esforço excessivo na visão, com decorrente fadiga visual.

Dessa forma, o resultado não foi satisfatório, já que a maioria das salas, ou seja, 51,19% das medições não atingiram a iluminância mínima especificada pela norma na condição cortinas abertas e luzes acesas. Já nas condições de cortinas fechadas e luzes acesas, somente 8,33% das salas de aula atenderam a norma, retratando assim o problema existente em relação a iluminação no ambiente escolar.

O resultado obtido através dessa pesquisa é similar ao de Lenz (2010), para uma monografia de pós-graduação, com pesquisa desenvolvida em colégios estaduais, onde parte das iluminâncias ficam abaixo do exigido em norma. Como aconteceu na pesquisa supracitada, alguns postos de tarefa têm problemas maiores de sombreamento e pouca iluminação, essa área acontece normalmente próxima a paredes.

Salas de aulas com falta de lâmpadas, com lâmpadas queimadas ou ainda com cálculo errado de iluminação foram alguns dos aspectos observados. Importante ressaltar que uma das escolas estudadas, que passou por reforma recente no sistema de iluminação foi a que apresentou as melhores medições.

Além disso, sem considerar apenas a questão da iluminação artificial, com falta de lâmpadas ou lâmpadas queimadas, foi possível verificar que a questão construtiva também não foi pensada, tais como a orientação das salas de aula e o tamanho das janelas.

Assim, ao considerar a manutenção da iluminação, deverá ser levada em conta uma possível necessidade de troca do tipo de lâmpada, o aumento da quantidade das luminárias existentes, ou ainda o aumento da área da janela. Porém, é necessário lembrar que para não precisar fechar as cortinas e a janela poder contribuir efetivamente com a iluminação, não se pode ter incidência solar direta.

Esse fator pode ser observado pela orientação da janela, sendo a melhor orientação sul, onde a iluminação é mais constante ao longo do dia, além de menor as chances de incidência direta solar.

Com relação a iluminação natural foi possível constatar a instabilidade desse tipo de luz; basta uma nuvem para interferir em toda iluminância da sala de aula, diminuindo o valor obtido. Em contrapartida, quando o tempo está limpo, as áreas perto das janelas recebem muita iluminação solar, com valores acima de 700 lux, situação essa que pode vir a gerar ofuscamento. Isso leva a necessidade de todas as salas utilizarem dispositivos adequados de sombreamento, segundo a NBR.

Aqui foi possível perceber a dualidade existente, já que o que se busca é uma economia de energia com maior uso de luz natural, porém a luz natural não é constante e não tem o nível médio necessário para ser a fonte principal de iluminação de uma sala de aula.

Dessa forma, mediante a falta de segurança ofertada com a luz natural, a luz artificial deve atender ou estar bem próxima do valor necessário para atender a norma, ou seja, próxima dos 300 lux, de modo que a luz natural deva ser usada como complemento na iluminação e para os outros fatores inerentes a educação, como qualidade visual, humor e concentração dos alunos.

Mediante o exposto, nota-se a importância de realizar esse tipo de estudo, de modo a reconhecer os problemas enfrentados nas escolas municipais. Além dessa análise vir a ajudar futuros projetos com a importância dos aspectos construtivos que uma instituição escolar exige, também pode alertar a prefeitura do município no sentido da importância que tem a restauração desses ambientes, para garantir que os alunos que ali estudam possam ter o conforto visual necessário para que consigam adquirir os conhecimentos inerentes e ter seu pleno desenvolvimento, sem serem prejudicados em face de uma iluminação incorreta ou não suficiente.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do estudo, foi possível identificar alguns dos problemas existentes com relação a iluminação do ambiente escolar, bem como tornou possível a formação de propostas de continuidade dessa pesquisa, com intuito de se aprimorar os conhecimentos sobre as iluminações nas escolas municipais da cidade de Toledo. Desse modo, para estudos futuros, seria de grande interesse a expansão do

banco de dados das escolas estudadas, informações essas de grande valia para conhecimento da situação atual.

Outra sugestão vem no sentido de um possível aumento da pesquisa, abrangendo outras escolas e outras cidades da região, de modo a analisar quais outros aspectos podem influenciar na iluminação. Além disso, as medições podem ser feitas nas diversas estações e épocas do ano, com o intuito ainda de descobrir quais os fatores que influenciam nas medições, podendo assim realizar um comparativo entre as diferenças apresentadas.

Por fim, outro aspecto de grande valia no contexto desse estudo, numa possível sequência, seria a análise da diferença térmica que os diferentes tamanhos de aberturas das escolas fornecem, podendo vir a retratar como a iluminação natural influencia na sala de aula como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8995**: Iluminação de ambientes de trabalho. 1 ed. Rio de Janeiro, 54 p. 2013.

ASOLUTECH. **Projeto Luminotécnico**. Absolutech, 2019. Disponível em: < <http://www.asolutech.com.br/2019/01/10/projeto-luminotecnico/>>. Acesso em: 04 mar. 2019

AUBRECHT, T.G., WEIL, Z. M., NELSON, R. J. Melatonin treatment during early life interacts with restraint to alter neuronal morphology and provoke depressive-like responses. *In: Behavior Brain Research*. P. 90–7, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4032292/>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

BARRETT, P.; DAVIES, F.; BARRETT, L. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *In: Building And Environment*, [s.l.], v. 89, p.118-133, jul. 2015. Elsevier BV.

BASTOS, F. C. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do Mercado brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2011, 117 p.

BOYCE, P.; HUNTER, C.; HOWLETT, O. **The Benefits of Daylight through Windows**. New York: Rensselaer Polytechnic Institute, 2003. 88 p.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 2007. 427 p.

DIAS, N. M.; SEABRA, A. G. School performance at the end of elementary school: Contributions of intelligence, language, and executive functions. *In: Estudos de psicologia (Campinas)*, Campinas, v. 34, n. 2, p. 315-326, maio/junho 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-166X2017000200315&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 set. 2018.

DONDIS, D. A. **Sintaxe da linguagem visual**. Editora Martins Fontes. São Paulo: 1997. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/7772959/Sintaxe-Da-Linguagem-Visual-Donis-ADondis-72dpi>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

ELETROBRÁS; PROCEL. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em: 13 out. 2018.

ENGENHEIRO NA WEB. **Iluminação: tipos de lâmpadas**. Engenheiro na web, São Paulo, 2016. Disponível em: < <https://engenheironaweb.com/2016/06/28/tipos-de-lampadas/>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONZALO, G. E. Iluminação Natural. *In: Lume Arquitetura*, ed. 19, maio/2006. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed19/ed_19_aula.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.

GUIMARÃES, C. A. A.; TRAJANO, C. M. V.; VITÓRIO, E.; COSTA, R. O. **Manual para adequação de prédios**. Brasília: Fundescola/DIPRO/FNDE/MEC, 2006, 50 p. Disponível em: <ftp://ftp.fnde.gov.br/web/fundescola/publicacoes_manuais_tecnicos/manual_adequacao_predios_escolares.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

HARA, C. K. **Análise qualitativa da iluminação artificial e natural: Estudo de caso das bibliotecas da UTFPR**. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015, 205 p.

HSE - HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Lighting at work**. 2. ed. Reino Unido: Hse Books, 1997. 47 p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubnS/priced/hsg38.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2018.

HMG - HESCHONG MAHONE GROUP (Estados Unidos). California Board For Energy Efficiency Third Party Program. **Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance**. Califórnia: Pacific Gas And Electric Company, 1999. 31 p. Disponível em: <<http://h-m-g.com/downloads/Daylighting/schoolc.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2018.

IOSIF, R. M. G. **A qualidade na educação da escola pública e o comprometimento da cidadania global emancipada: Implicações para a situação de pobreza e desigualdade no Brasil**. 2007. 309 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Política Social, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2560/1/Tese_RanilceMascarenhasGlosif.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.

JANESCH, M. Educação infantil: a importância da iluminação e cor no desempenho e aprendizado da criança. *In: Revista Especialize*. IPOG, 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=educacao-infantil-a-importancia-da-iluminacao-e-cor-no-desempenho-e-aprendizado-da-crianca-11191117.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

LAM, W. **Perception and Lighting as formgivers for architecture**. New York: McGraw-Hill, 1977.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (Ed.). **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2019. 366 p.

LENZ, A. P. **AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS NOS COLÉGIOS ESTADUAIS DO NÚCLEO DE TOLEDO**. Toledo, Ufpr, 2010. 50 p.

LIM, Y. W.; KANDAR, M. Z.; AHMAD, M. H.; OSSEN, D. R.; ABDULLAH, A. M. Building façade design for daylighting quality in typical government office building”, **Building and Environment**, [S.l.], v. 57, p. 194-204, 2012.

MILLET, M. **Light Revealing Architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996.

MONTEOLIVA, J. M.; KORZENIOWSKI, C. G.; ISON, M. S.; SANTILLÁN, J.; PATTINI, A. E. **Estudio del desempeño atencional en niños en aulas con diferentes acondicionamientos lumínicos**. **CES Psicol**, Medellín , v. 9, n. 2, p. 68-79, Dec. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-30802016000200068&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 set. 2018.

OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. São Paulo: [20--]. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0274/ilumART.%20Manual%20Osram%20V2.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

_____. **Manual Luminotécnico Prático**. [s.l.], [20--]. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

_____. **Tipos de lâmpadas**. [20--]. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

PEREIRA, F. O. R. **Luz solar direta: tecnologia para melhoria do ambiente lumínico e economia de energia na edificação**. 1993. 2º Encontro Nacional de

Conforto no Ambiente Construído, ANAIS. Florianópolis: ANTAC, ABERGO, SOBRAC.

PHILIPS. **Master TL% High Output**. PHILIPS, Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais/fluorescent-lamps-and-starters/t5-/master-tl5-high-output-eco>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

PUPPO, R. T. **Conforto Visual: Introdução ao Conforto Visual**. Campinas: FEC/UNICAMP, 2005. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat-apoio_S03_C-Visual.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente**. [s. L.]: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2002. 36 p. Disponível em: <http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2018.

SANTOS, T. S. dos; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L. S.. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 595-602, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400595&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 nov. 2018.

STANKOVIC, D.; TANIC, M.; KOSTIC, A.; VRECIC, S.; KEKOVIC, A.; CEKIC, N.; NIKOLIC, V.; VRECIC, S. Resurgence of Indoor Environment of Preschool Building. *In: Procedia Engineering*, [s.l.], v. 117, p.737-750, 2015. Elsevier BV.

TATEOKI, G. T. **Luminotécnica**. Iluminação: Conceitos e projetos. DocPlayer, 2017. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/30938972-Luminotecnica-iluminacao-conceitos-e-projetos-prof-msc-getulio-teruo-tateoki.html>> Acesso em: 15 fev. 2019

VOITILLE, N. **Lâmpadas Incandescentes e Halógenas**. Clique Arquitetura, 2018. Disponível em: < <https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/lampadas-incandescentes-e-halogenas.html>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

VIVADecORAPRO **Você sabe a diferença entre lúmen, candela e lux? Conheça os conceitos luminotécnicos básicos**. VivaDecoraPRO, 2019. Disponível em: < <https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/conceitos-luminotecnicos/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – COLETA DE DADOS

ESCOLA: _____

SALA: _____ DIA: _____ PERÍODO: _____

Acontecimento específico: _____

DIMENSÕES

largura: _____

comprimento: _____

altura: _____

CORES

chão: _____

parede: _____

teto: _____

mobiliário: _____

LUMINÁRIA: _____

LÂMPADA: _____

JANELA

tamanho: _____

orientação: _____

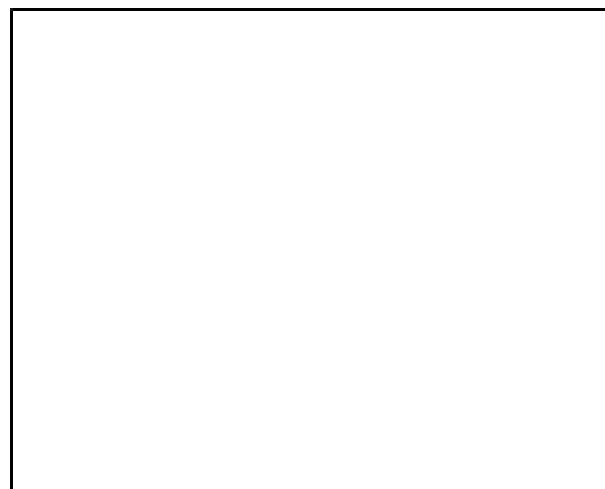
ESBOÇO DA SALA



desenhar: porta/janela/luminária

REFORMA: _____

MALHA DE MEDIÇÃO E ILUMINÂNCIAS



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

$$p = \underline{\hspace{2cm}}$$

Iluminância média

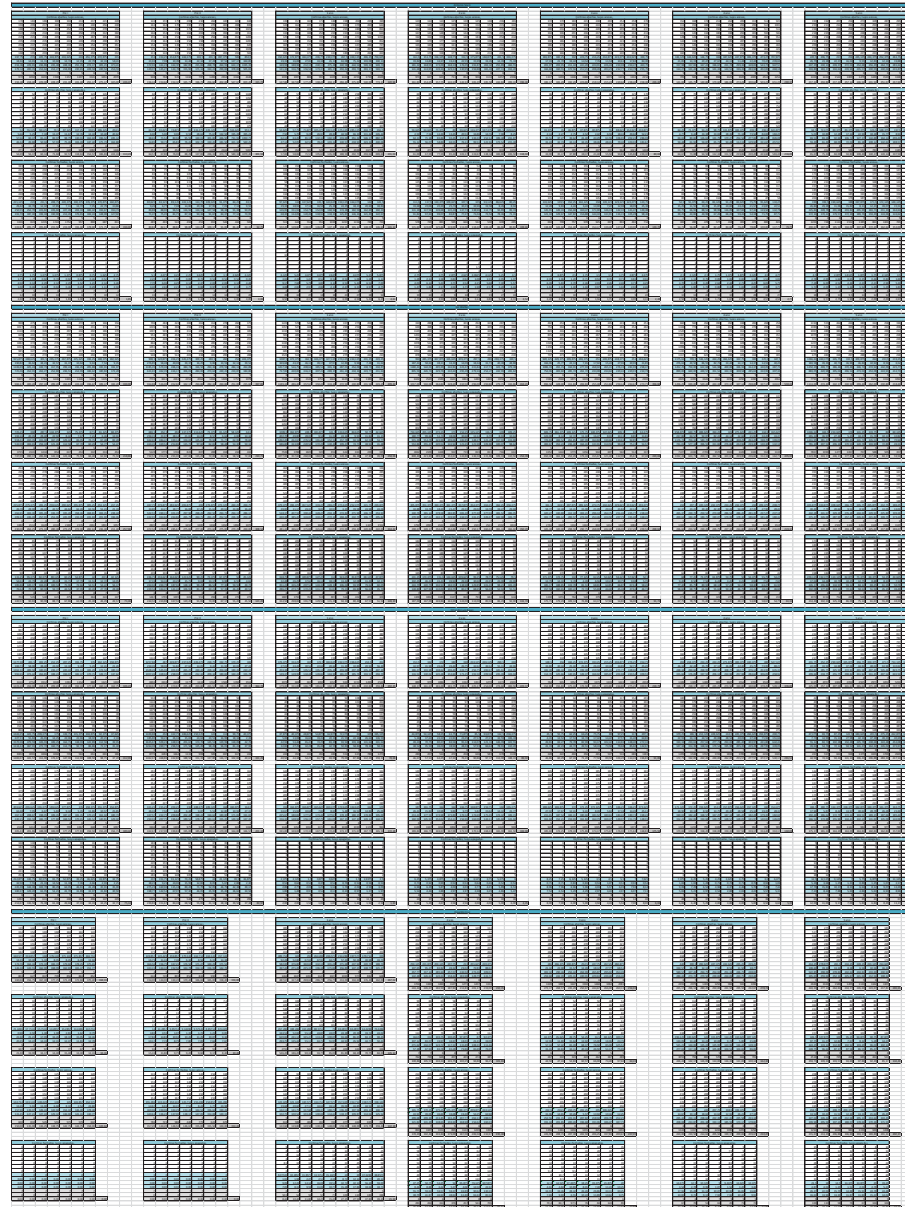
$$E_{med} = \underline{\hspace{2cm}}$$

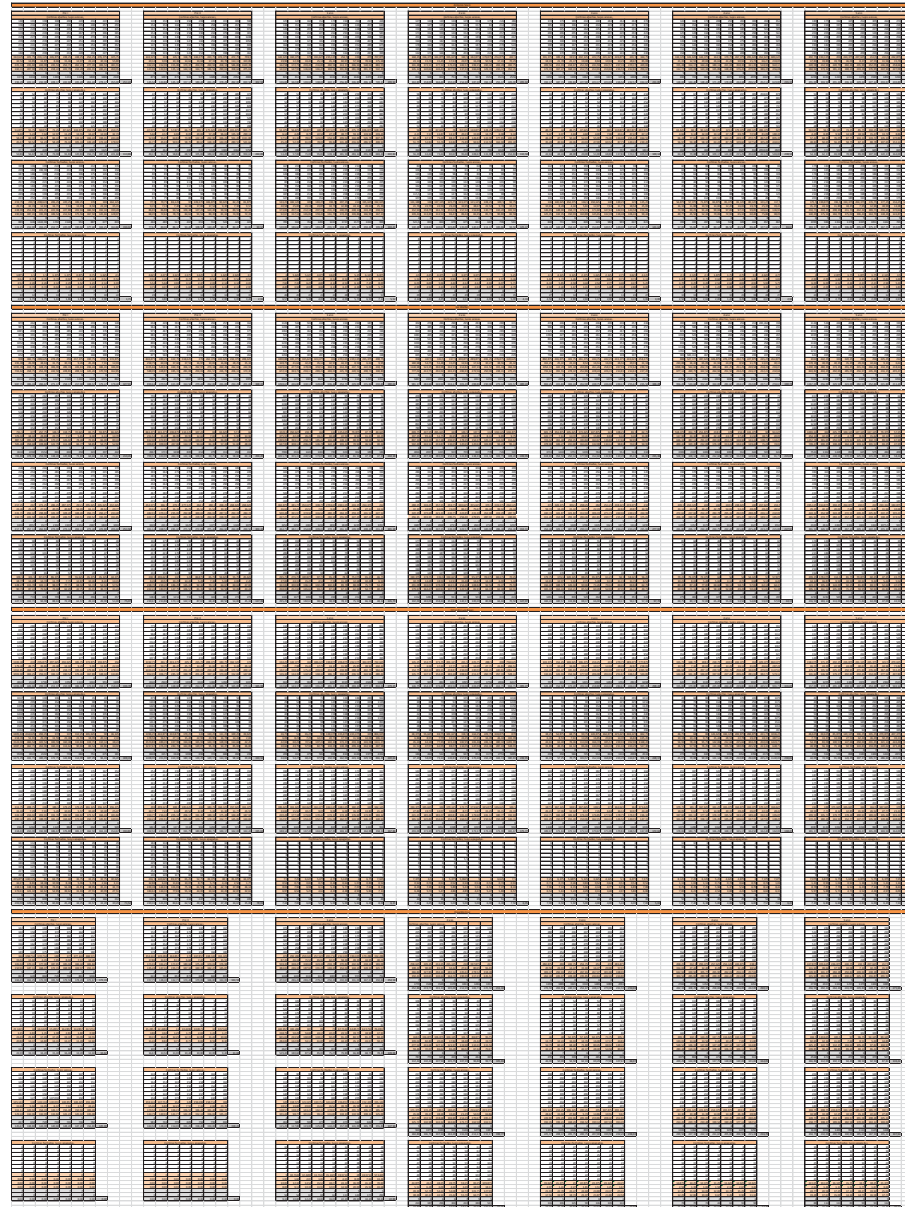
APÊNDICE B - DADOS COLETADOS DURANTE AS AFERIÇÕES EM CAMPO

Antonio Scain										
13/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	1	Pré 1	246,5	196,9	113,2	1,9	claro	18	12,2	norte
	2	Pré 2	315,7	92,8	301,6	3,1	claro	9	12,2	sul
	3	1º ano	321,0	141,1	231,0	4,6	claro	6	12,2	sul
	4	2º ano	196,4	108,7	118,0	3,5	claro	11	12,2	norte
	5	3º ano	226,4	139,8	80,0	2,5	claro	16	12,2	norte
	6	4º ano	280,4	79,8	216,0	2,8	claro	8	12,2	sul
	7	5º ano	253,2	177,5	128,4	2,7	claro	10	12,2	norte
Ivo Welter										
11/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	8	Pré 1	336,9	258,0	218,9	71,4	claro	18	10,8	sul
	9	Pré 2	397,8	308,5	210,7	121,2	claro	18	10,8	sul
	10	1º ano	409,4	314,4	258,1	149,3	claro	18	10,8	sul
	11	2º ano	414,2	350,3	254,4	131,7	claro	18	10,8	sul
	12	3º ano	356,7	268,6	220,7	91,7	claro	18	10,8	sul
	13	4º ano	504,2	223,4	406,0	61,3	claro	18	10,8	sul
	14	5º ano	387,3	262,9	256,9	98,3	claro	18	10,8	sul
Osvaldo Cruz										
12/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
manha	15	Pré 1	168,0	143,6	16,2	0,0	claro	9	5,0	oeste
	16	Pré 2	159,8	153,4	10,5	0,0	claro	8	5,0	oeste
	17	1º ano	267,0	142,4	145,1	21,3	claro	12	8,4	sul
	18	2º ano	210,3	195,4	101,7	65,5	claro	8	10,4	norte
	19	3º ano	256,9	207,0	63,3	14,9	claro	17	10,4	oeste
	20	4º ano	278,7	210,5	162,3	11,8	claro	12	8,0	oeste
	21	5º ano	269,7	202,4	134,5	17,2	claro	14	8,0	oeste
Orlando Luiz Basei										
12/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	22	Pré 1	346,2	189,4	313,0	75,1	claro	16	13,0	sul
	23	Pré 2	364,8	201,3	331,3	84,0	claro	15	13,0	sul
	24	1º ano	202,4	172,3	78,7	1,6	claro	20	13,0	norte
	25	2º ano	223,2	170,0	89,0	4,5	claro	19	13,0	norte
	26	3º ano	218,8	175,6	91,9	6,0	claro	21	13,0	norte
	27	4º ano	306,9	160,1	281,5	5,4	claro	20	11,5	norte
	28	5º ano	504,5	164,3	316,7	9,0	claro	21	11,5	norte

Antonio Scain										
Q4/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
manha	1	Pré 1	251,2	196,9	113,9	1,7	claro	18	12,2	norte
	2	Pré 2	302,6	90,6	244,9	2,9	claro	9	12,2	sul
	3	1º ano	299,9	193,4	222,8	5,5	claro	6	12,2	sul
	4	2º ano	205,9	125,2	110,6	4,2	claro	11	12,2	norte
	5	3º ano	231,8	141,6	100,1	3,0	claro	16	12,2	norte
	6	4º ano	265,3	83,7	208,6	3,0	claro	8	12,2	sul
	7	5º ano	237,8	180,2	105,5	2,7	claro	10	12,2	norte
Ivo Welter										
Q4/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	8	Pré 1	327,9	251,6	210,5	75,1	claro	18	10,8	sul
	9	Pré 2	368,1	303,3	204,2	117,4	claro	18	10,8	sul
	10	1º ano	380,1	301,2	244,2	135,8	claro	18	10,8	sul
	11	2º ano	400,2	313,1	249,3	127,1	claro	18	10,8	sul
	12	3º ano	346,3	277,8	215,4	97,7	claro	18	10,8	sul
	13	4º ano	380,8	228,0	221,0	63,1	claro	18	10,8	sul
	14	5º ano	372,6	259,0	248,5	95,2	claro	18	10,8	sul
Oswaldo Cruz										
Q5/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
manha	15	Pré 1	173,2	145,9	16,6	0,0	claro	9	5,0	oeste
	16	Pré 2	163,6	158,2	11,7	0,0	claro	8	5,0	oeste
	17	1º ano	254,6	138,0	139,1	22,9	claro	12	8,4	sul
	18	2º ano	211,4	199,8	105,7	62,0	claro	8	10,4	norte
	19	3º ano	259,7	206,9	67,0	22,0	claro	17	10,4	oeste
	20	4º ano	290,2	216,8	164,1	13,5	claro	12	8,0	oeste
	21	5º ano	275,9	197,6	136,3	18,6	claro	14	8,0	oeste
Orlando Luiz Basei										
Q5/dez	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	22	Pré 1	336,8	193,8	308,2	71,5	claro	16	13,0	sul
	23	Pré 2	346,0	195,6	319,5	78,0	claro	15	13,0	sul
	24	1º ano	279,2	167,9	220,6	6,2	claro	20	13,0	norte
	25	2º ano	305,3	175,8	240,0	6,1	claro	19	13,0	norte
	26	3º ano	298,4	172,6	228,2	5,7	claro	21	13,0	norte
	27	4º ano	331,1	168,5	290,8	6,4	claro	20	11,5	norte
	28	5º ano	342,2	171,5	310,2	6,5	claro	21	11,5	norte

Antonio Scain										
23/nov	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
manha	1	Pré 1	249,6	207,3	113,8	2,1	claro	18	12,2	norte
	2	Pré 2	295,5	95,3	259,1	1,8	claro	9	12,2	sul
	3	1º ano	302,9	175,4	220,9	3,7	claro	6	12,2	sul
	4	2º ano	210,5	108,9	119,7	3,5	claro	11	12,2	norte
	5	3º ano	236,3	138,1	107,2	2,5	claro	16	12,2	norte
	6	4º ano	284,4	81,8	231,6	2,9	claro	8	12,2	sul
	7	5º ano	268,6	170,1	119,2	3,7	claro	10	12,2	norte
Ivo Welter										
23/nov	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	8	Pré 1	322,3	265,9	216,9	77,3	claro	18	10,8	sul
	9	Pré 2	358,8	294,6	201,8	113,4	claro	18	10,8	sul
	10	1º ano	388,6	291,5	262,3	131,8	claro	18	10,8	sul
	11	2º ano	383,0	313,5	243,8	124,6	claro	18	10,8	sul
	12	3º ano	343,1	287,0	214,9	100,8	claro	18	10,8	sul
	13	4º ano	372,7	235,1	224,8	67,6	claro	18	10,8	sul
	14	5º ano	368,2	260,9	245,9	99,6	claro	18	10,8	sul
Oswaldo Cruz										
21/nov	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
manha	15	Pré 1	163,1	138,0	15,1	0,0	claro	9	5,0	oeste
	16	Pré 2	151,3	150,7	11,3	0,0	claro	8	5,0	oeste
	17	1º ano	254,4	144,9	142,2	20,3	claro	12	8,4	sul
	18	2º ano	215,3	189,6	103,6	67,6	claro	8	10,4	norte
	19	3º ano	246,6	201,5	61,3	14,3	claro	17	10,4	oeste
	20	4º ano	254,0	222,0	143,2	11,3	claro	12	8,0	oeste
	21	5º ano	256,6	209,4	128,1	15,5	claro	14	8,0	oeste
Orlando Luiz Basei										
21/nov	ID	Sala	Acesa+Aberta	Acesa+Fechada	Apagada+Aberta	Apagada+Fechada	Ambiente	Lâmpadas	Área de janela	Orientação princ.
tarde	22	Pré 1	311,0	185,3	294,6	71,9	claro	16	13,0	sul
	23	Pré 2	336,5	191,2	302,9	77,3	claro	15	13,0	sul
	24	1º ano	286,2	174,9	219,2	4,6	claro	20	13,0	norte
	25	2º ano	304,4	176,0	237,4	5,6	claro	19	13,0	norte
	26	3º ano	302,7	166,6	239,6	7,3	claro	21	13,0	norte
	27	4º ano	325,3	176,0	276,9	5,3	claro	20	11,5	norte
	28	5º ano	334,4	179,6	286,6	4,4	claro	21	11,5	norte





The image displays a large grid of 280 small tables, organized into 7 rows and 40 columns. Each small table is a grid with a green shaded area at the bottom, likely representing a data visualization or a specific data set. The tables are arranged in a regular pattern, with horizontal and vertical lines separating them. The overall layout is a dense grid of these small tables, with a consistent structure across all rows and columns.