

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

JULIANA MARA B. M. HYBINER

**ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO EM SALAS DE AULAS DE ESCOLAS DA
REDE DE ENSINO PÚBLICA DAS SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS
DE ENSINO DE JUIZ DE FORA, PONTE NOVA E UBÁ, MG**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

H992a
2015

Hybiner, Juliana Mara Batista Menezes, 1982-
Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede
de ensino pública das Superintendências Regionais de Ensino de
Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG / Juliana Mara Batista
Menezes Hybiner. – Viçosa, MG, 2015.
xi, 145f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.82-87.

1. Edifícios escolares. 2. Instalações escolares -
Iluminação. 3. Iluminação de interiores. 4. Ambiente escolar .
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Arquitetura
e Urbanismo. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e
Urbanismo. II. Título.

CDD 22. ed. 727

JULIANA MARA B. M. HYBINER

ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO EM SALAS DE AULAS DE ESCOLAS DA
REDE DE ENSINO PÚBLICA DAS SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS DE
ENSINO DE JUIZ DE FORA, PONTE NOVA E UBÁ, MG

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
para obtenção do título de Magister
Scientiae.

APROVADA: 31 de julho de 2015.

Joyce Correna Carlo

Túlio Márcio de Salles Tibúrcio

Ernani Simplício Machado

Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
(Orientador)

“A Tua palavra é lâmpada que ilumina os meus passos
e luz que clareia o meu caminho.”
(Salmos 119:105)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado momentos tão especiais e ter me dado forças para chegar até aqui.

Ao meu marido, por me ouvir há mais de dois anos falando sobre todos os passos (detalhados!) da minha pesquisa. Obrigada pelo apoio incondicional mesmo nos momentos difíceis, o que fez engrandecer ainda mais a nossa união.

Ao meu pai, com todos seus conselhos de um pai-psicólogo-doutor que me auxiliaram para finalizar mais essa etapa da minha vida.

A minha mãe, linda pela sua proteção, sempre preocupada se eu estava alimentando direito ou se estava agasalhada, nessas idas e vindas.

Aos meus irmãos presentes, ausentes ou distantes tenho a certeza de que estavam ali torcendo por mim.

Aos professores do programa de pós-graduação: vocês são incríveis!

A todos que me deram o suporte necessário para passar dias maravilhosos e produtivos em Viçosa (PPG.au, DAU, Hotel CEE, secretaria do CCE e até mesmo Gerais e Boca Viçosa!).

E, claro, ao professor ACG Tibiriçá: orientador seria um adjetivo muito pequeno perto do quão amigo, sábio professor, carismático, inteligente que ele é! Eu o agradeço por ter acreditado em mim, pelos 'n' ensinamentos e pela amizade que tenho certeza que foi um dos legados mais importantes dessa caminhada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Geral	14
1.2.2 Específicos	14
1.3 PREMISSAS E RESTRIÇÕES DA PESQUISA	14
1.3.1 Premissas	14
1.3.2 Restrição.....	15
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 LUZ NATURAL.....	18
2.2.1 Benefícios da Luz Natural.....	20
2.2.2 O Fenômeno Luz e os Mecanismos de Visão e Percepção	22
2.2.3 Qualidade da Iluminação: Ambiência, Desempenho e Conforto.....	24
2.2.4 Luz e Desenho de Janelas.....	25
2.3 LUZ EM AMBIENTES ESCOLARES.....	27
2.3.1 As Escolas Públicas Brasileiras.....	31
2.3.2 Luz e Desempenho Escolar	34
2.4 ANÁLISE DE NORMAS TÉCNICAS REFERENTE À ILUMINÂNCIA DE INTERIORES	36
2.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTUDOS DE ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS PÚBLICAS NO BRASIL E NO EXTERIOR.....	42
2.5.1 Principais Objetivos dessas Pesquisas.....	42
2.5.1.1 Publicações internacionais	42
2.5.1.2 Publicações brasileiras	42

2.5.2	Principais Aspectos Metodológicos Adotados	43
2.5.2.1	Publicações internacionais	43
2.5.2.2.	Publicações brasileiras	43
2.5.3	Principais Conclusões Obtidas	44
2.5.3.1	Publicações internacionais	44
2.5.3.2	Publicações brasileiras	45
3.	METODOLOGIA	46
3.1	INTRODUÇÃO	46
3.1.1	A Importância da Metodologia Aplicada em Pesquisas de Iluminação no Ambiente Construído	46
3.2	METODOLOGIA APLICADA: A AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS PÚBLICAS DAS SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS DE ENSINO (SREs) DE JUIZ DE FORA, PONTE NOVA E UBÁ, MG	48
3.2.1	Revisão Bibliográfica	48
3.2.2	Definição da Área de Abrangência do Trabalho	48
3.2.3	Identificação das Características Projetuais das Escolas.....	57
3.2.4	Mapeamento das Salas de Aulas	59
3.2.5	Grade para Levantamento Lumínico	60
3.2.6	Caracterização das Salas de Aulas	60
3.2.6.1	Instituição 010E7	63
3.2.6.2.	Instituição 020E6	66
3.2.6.3	Instituição 020M2	67
3.2.6.4	Instituição 028E4	68
3.2.6.5	Instituição 028M2A	69
3.2.6.6	Instituição 028M2B	70
3.2.7	Medições Lumínicas	71
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	APÊNDICES.....	88
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DE ESCOLAS PESQUISADAS.....	88
	APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DAS SALAS DE AULAS	91
	APÊNDICE C – ANÁLISES INDIVIDUAIS DAS SALAS DE AULAS	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esboços esquemáticos para os conceitos de utilização de iluminação natural, segundo a classificação de Robbins (1986).....	19
Figura 2 – Qualidade da iluminação, segundo parâmetros de ambiência, desempenho e conforto	24
Figura 3 – Qualidade da iluminação, segundo parâmetros de bem-estar, economia e arquitetura	25
Figura 4 – Fontes de luz natural	26
Figura 5 – Vista interior de uma sala de aula única na Escola Central Southwark, Londres, início do século XIX	28
Figura 6 – Típica escola ao ar livre dos anos 1930, em Londres, com janelas de dobrar.....	29
Figura 7 – Modelo de escola seletiva.....	30
Figura 8 – Recomendações de refletâncias para piso, parede e teto de uma sala de aulas.....	37
Figura 9 – Área de tarefa e entorno imediato.....	39
Figura 10 – Manutenção do sistema de iluminação	41
Figura 11 – Superintendências Regionais de Ensino de Minas Gerais	50
Figura 12 – Tabela de números aleatórios	54
Figura 13 – Resumo do processo metodológico utilizado para a seleção dos objetos de estudo	55
Figura 14 – Modelo de codificação das escolas avaliadas	56
Figura 15 – Modelo de mapeamento de salas de aulas	60
Figura 16 – Modelo de caracterização das salas de aulas	62
Figura 17 – Luxímetro Instrutherm LD300	71
Figura 18 – Modelo das análises individuais das salas de aulas	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Total de Estabelecimentos por localização, segundo a Dependência Administrativa Minas Gerais – Novembro de 2014.....	49
Tabela 2 – Exemplo de seleção de escolas por amostragem estratificada e numeração aleatória	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tamanho da malha	39
Quadro 2 – Limites máximos de UGRL	40
Quadro 3 – Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades, com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor	41
Quadro 4 – Quantidade de salas objeto de estudo por SRE.....	52
Quadro 5 – Codificação e localização das escolas que autorizaram a realização do estudo de iluminação.....	56
Quadro 6 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas (continua).....	57
Quadro 7 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas (continua).....	58
Quadro 8 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas	59
Quadro 9 – Ocorrência de fachadas com o mesmo Azimute e caracterização geral das salas estudadas	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIE	<i>Comission Internationale de l'Éclairage</i> (Comissão Internacional de Iluminação)
FDE	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
IEA	International Energy Agency
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America (Sociedade de Engenharia da Iluminação da América do Norte)
ISO	International Organization for Standardization
MEC	Ministério da Educação
SEE	Secretaria de Estado de Educação
SRE	Superintendência Regional de Ensino

RESUMO

HYBINER, Juliana Mara Batista Menezes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino pública das Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG.** Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

A luz, seja ela natural ou artificial, é um dos componentes que contribui para o conforto ambiental nas edificações. Em instituições de ensino, o papel da iluminação é um tema que requer especial atenção, uma vez que está relacionado diretamente com o desenvolvimento e o processo de ensino-aprendizagem. A ausência ou o incorreto dimensionamento da luz natural e do sistema de iluminação artificial acarreta inúmeras consequências na saúde e bem-estar do usuário do espaço. A análise de condições mínimas para conforto visual dos alunos de escolas públicas faz-se necessário, uma vez que tais instituições enfrentam, constantemente, cortes ou escassez de recursos que afetam diretamente na qualidade do ambiente construído. É nesse contexto que o presente trabalho está inserido, com o objetivo de diagnosticar e avaliar a situação atual da iluminação de salas de aulas de escolas públicas dentro de um determinado recorte geográfico no Estado de Minas Gerais. Utilizando-se dos procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo, foram avaliadas as condições de iluminação de vinte e sete salas de aulas de sete escolas de cidades compreendidas nas Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá. Realizada em duas fases distintas do ano, a análise de iluminação natural, artificial ou combinada nas salas de aulas foi desenvolvida com o auxílio de ferramentas estatísticas no tratamento dos dados obtidos em campo. Durante a etapa de medições lumínicas, foram evidenciados níveis de iluminância abaixo do mínimo recomendado pela normatização brasileira. Tal fato corroborou o que também pôde ser constatado pela autora do presente trabalho ao perceber in loco dificuldades na realização de atividades visuais pelos alunos e indução de sobrecarga visual nos alunos. O resultado da pesquisa aponta deficit na iluminação das salas de aulas das escolas públicas estudadas. Isso reforça a imprescindível necessidade de se dar importância ao correto dimensionamento da luz nas edificações escolares, seja natural ou artificial, uma vez que o ambiente em que o aluno está inserido irá influenciar diretamente no seu desenvolvimento intelectual.

ABSTRACT

HYBINER, Juliana Mara Batista Menezes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2015. **Lighting analysis in school classrooms in the public school system of Regional Superintendency of Education of Juiz de Fora, Ponte Nova and Ubá, MG.** Advisor: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

The light, whether natural or artificial, is a component that contributes to environmental comfort of a building. In school buildings, the role of lighting is an issue that requires special attention, due to its direct relation to development and to teaching-learning process. The absence or the incorrect sizing of natural light and artificial lighting system leads to numerous consequences on health and well-being of the space's user, which could be avoided or at least minimized during the design phase of school environments. The analysis of minimum conditions for visual comfort of students from public schools are necessary because these institutions are constantly facing cuts or resources shortages related to the quality of the built environment. In this context, the objective of this study is to identify and evaluate the current state of the lighting in public school's classrooms within a certain geographic selection in the state of Minas Gerais. By using technical procedures for bibliographical, desk and field research, this study evaluated lighting conditions in twenty seven classrooms in seven schools of cities under the Regional Superintendency of Education of Juiz de Fora, Ponte Nova and Ubá. Performed in two distinct phases of the year, the analysis of natural lighting, artificial or combined in classrooms was carried out through statistical tools for the treatment of the data collected. During luminous measurements step, it was found illuminance levels below the minimum recommended by the Brazilian regulation. This fact could also be seen by the author in loco, making it difficult to carry out visual activities and generating visual overload the students. Results of this research show a deficit in the lighting of public schools classrooms, reaffirming the importance of correct sizing of light in school buildings, since the environment that the student is inserted with will influence directly on his intellectual development.

1. INTRODUÇÃO

Uma das funções do ambiente construído está em atender as necessidades do ser humano, garantindo-lhes a sensação de bem-estar, conforto e segurança ao exercer suas atividades diversas em uma edificação (BRASIL, 2006). Com relação ao quesito conforto, o correto estudo do comportamento da luz natural no interior da edificação é essencial para permitir que o ambiente tenha a quantidade suficiente de iluminação para promover a saúde dos ocupantes do espaço, condição essa que depende de muitos fatores, tais como: a implantação da edificação, considerando-se sua localização geográfica; o desenho das aberturas que serão utilizadas na edificação; a presença de dispositivos de proteção solar que auxiliam no controle da luz natural, podendo evitar que raios solares diretos incidam no ambiente acarretando desconforto visual e aquecimento térmico indevido; os materiais de revestimentos utilizados, tanto externa quanto internamente, que são capazes de influenciar diretamente na reflexão da luz. Também o sistema de iluminação artificial deve merecer a devida atenção do arquiteto ou engenheiro no seu correto dimensionamento e posicionamento de luminárias, proporcionando a adequada distribuição da luz no ambiente, em quantidade e qualidade. A complementaridade entre os sistemas de iluminação natural e artificial irão auxiliar na qualidade de conforto da edificação.

A relação de conforto visual e ambiente construído é ainda mais questionada quando se trata de ambientes escolares. Estudos mostram que o desempenho escolar do aluno está diretamente relacionado com a qualidade da iluminação em sala de aula (BARRETT et al., 2015). Uma iluminação insuficiente acarreta sintomas como dores de cabeça, desânimo ou até mesmo pode prejudicar o crescimento da criança (KÜLLER; LINDSTEN, 1992). Há também indícios de que a ausência de elementos humanizadores e o detalhamento falho do projeto arquitetônico influenciam no vandalismo observado em redes públicas de ensino (KOWALTOWSKI, 1980; ZEISEL, 1981).

O tema iluminação em ambientes escolares é amplo e pode ser trabalhado por meio de diversas abordagens qualitativas e quantitativas na pesquisa acadêmica. Tendo por base o vasto universo sob o qual o tema pode ser analisado, tem-se a importância dos procedimentos metodológicos aplicados nas pesquisas de iluminação no ambiente construído. As ferramentas da metodologia são

fundamentais para o apropriado desenvolvimento da pesquisa, contribuindo, dentre outros fatores, com a sistematicidade e consistência do trabalho científico, conferindo-lhe a devida relevância social e ética (DEMO, 2000).

Partindo-se dos aspectos anteriores, a pesquisa foi direcionada para a investigação da qualidade da iluminação em salas de aula em unidades escolares da rede pública, na busca de uma melhor compreensão da questão da iluminação.

Considerando-se que o Brasil é um país com grande disponibilidade de luminosidade natural durante todo o ano e que as instituições escolares podem não estar utilizando de modo adequado esse recurso no sentido de prover e garantir um nível mínimo de conforto visual aos seus usuários (DUDEK, 2000; KOWALTOWSKI, 2011), com o presente trabalho pretende-se contribuir com a discussão sobre a qualidade da iluminação nos ambientes da rede de ensino público estadual e municipal em Minas Gerais.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A luz, como um dos fatores ambientais de influência no processo ensino-aprendizagem, auxilia no mecanismo da visão e é fundamental para todos os processos que tornam possível ao cérebro relacionar-se com o meio ambiente. Nesse sentido, especial atenção deve ser dada ao estudo dos recursos tecnológicos que podem influir na quantidade e qualidade da luz que pode ser colocada à disposição para realizar adequadamente o processo ensino-aprendizagem, particularmente nos ensinos Fundamental e Médio, etapa da vida muito importante na conformação do caráter humano e da estrutura de conhecimento. De acordo com Kowaltowski (2011), as questões educacionais têm desencadeado muitas discussões no Brasil: sua qualidade é constantemente questionada, demonstrando a necessidade de tratar a educação com prioridade, devido à sua importância social na preparação dos indivíduos para a vida adulta e para a construção de uma sociedade mais justa e humana. O ambiente físico escolar é, por essência, o local do desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem e deverá oferecer o mínimo de condições adequadas para os alunos realizarem suas tarefas cotidianas em sala de aula. Quanto à necessidade de se conhecer melhor a condição atual das escolas brasileiras, Sátyro e Soares (2007) mostraram que, à época da pesquisa que realizaram, 90% das matrículas do ensino fundamental eram em escolas públicas. Tal estudo indicou que

a infraestrutura de prédios e instalações escolares era capaz de exercer influência significativa sobre a qualidade da educação.

Considerando a importância da iluminação no processo ensino-aprendizagem, em ambientes educacionais públicos, são feitos os seguintes questionamentos:

- Que soluções técnicas relacionadas à iluminação têm sido aplicadas em prédios de escolas públicas estaduais e municipais? [sintomatologia]¹
- Como tem sido o desempenho lumínico das soluções aplicadas, tomando-se como base o estudo de salas de aulas de escolas públicas e o conhecimento de soluções projetuais relacionadas aos seus sistemas de iluminação? [etiologia]²
- Dentre as soluções implementadas para prover iluminação em salas de aulas, quais poderiam ser tomadas como modelos de referência e por que outras careceriam de alterações arquitetônico-constructivas? [terapêutica]³

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Investigar a qualidade da iluminação em escolas dos ensinos fundamental e médio da rede pública nas Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá.

1.2.2 Específicos

- identificar estratégias adotadas para iluminação em prédios de escolas públicas municipais e estaduais nas SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá;
- analisar o posicionamento, a configuração e a função dos sistemas usados para iluminação em salas de aulas de escolas dos ensinos Fundamental e Médio;
- estudar os níveis de iluminância em salas de aulas de escolas dos ensinos fundamental e médio nas SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, nas suas condições de uso.

1.3 PREMISSAS E RESTRIÇÕES DA PESQUISA

1.3.1 Premissas

¹ Termo designado para constatações e análises de sintomas patológicos na edificação.

² Termo técnico para designação das origens, causas e efeitos das anomalias da edificação.

³ Estudo das reparações das anomalias construtivas e/ou falhas na manutenção da edificação.

Possibilidade de realização de levantamentos lumínicos e de avaliação do nível de iluminância nas salas de aula selecionadas pelo recorte da pesquisa;

Identificação de similaridades e discrepâncias entre os ambientes salas de aulas, objetos desta pesquisa;

Necessidade de constituição de um panorama sobre as condições de iluminação das escolas da região estudada.

1.3.2 Restrição

Realização de levantamentos lumínicos em períodos limitados de tempo em duas fases distintas do ano, devido ao prazo destinado à pesquisa.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é composta por cinco capítulos, organizados sob as denominações: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Discussão, Conclusão.

No primeiro capítulo, expõe-se a importância do tema – iluminação em ambientes escolares – na concepção de projetos arquitetônicos de edificações escolares e a problemática envolvendo os sistemas de iluminação em escolas públicas.

O segundo capítulo é uma revisão bibliográfica com as principais referências sobre iluminação e seus benefícios, além da análise das principais normas e manuais referentes à iluminação de interiores e breve histórico sobre a iluminação em ambientes escolares no Brasil e no exterior. O capítulo objetiva situar o leitor no universo conceitual sob o qual se conduz a dissertação, demonstrando o estágio atual da contribuição acadêmica em torno do tema iluminação em ambientes escolares.

No terceiro capítulo descrevem-se a área dos estudos, os materiais e os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa.

No quarto capítulo, destinado para a Análise e Discussão dos Resultados, são caracterizadas as instituições e salas de aulas avaliadas, além de serem apresentadas as conclusões das medições de iluminação e posterior análise crítica.

O quinto capítulo é destinado para as conclusões e discorre-se sobre possibilidades e perspectivas para futuras pesquisas.

Complementarmente, o trabalho apresenta nos Apêndices material produzido subsidiariamente durante o desenvolvimento da pesquisa, auxiliando na compreensão do que está descrito ao longo do texto. São três os Apêndices: Apêndice A – Questionário para seleção de escolas pesquisadas; Apêndice B – Caracterização das salas de aulas; Apêndice C – Análises individuais das salas de aulas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

Dos elementos que contribuem para a eficácia do processo ensino-aprendizagem nas escolas, um refere-se à qualidade do ambiente construído. É importante que o ambiente escolar preserve características que influenciem de modo positivo no cotidiano de seus usuários, oferecendo-lhes conforto, salubridade e segurança, além de serem ambientes estimulantes e acolhedores simultaneamente.

Estudos apontam a qualidade do desempenho escolar do aluno sendo diretamente influenciada pelos edifícios escolares e suas instalações prediais: Ferreira e Moretti (2014) afirmam que a iluminação está diretamente relacionada com a produtividade em sala de aula. Estima-se que padrões adequados de materiais construtivos, aliados à correta localização, forma e dimensão das aberturas de captação de luz natural, associadas a uma adequada proteção solar e a um eficiente sistema de iluminação artificial auxiliam no desempenho acadêmico do aluno, além de aumentar significativamente a eficiência energética, luminosa e ambiental das escolas.

A iluminação também é responsável por auxiliar o mecanismo da visão na variação de estímulos luminosos, contribuindo assim para o desenvolvimento da percepção visual. A percepção, que pode ser brevemente resumida como a interpretação do que os olhos veem (LECHNER, 1991), contribui na realização de atividades que auxiliam no processo ensino-aprendizagem. Entretanto, o sistema de iluminação de uma sala de aula sendo ineficaz – seja na distribuição de luz natural por todo o ambiente quanto no incorreto dimensionamento de luminárias – pode acarretar danos à saúde dos usuários, danos estes que perpassam da falta de atenção a problemas relacionados com impacto sobre o crescimento do corpo da criança (KÜLLER; LINDSTEN, 1992).

Pereira et al. (2005) afirmam que a má qualidade das condições de iluminação natural verificada na maioria das edificações se deve a um reflexo da principal dificuldade que é imposta para se integrar a luz natural ao projeto: o entendimento do fenômeno, necessário para tratar a iluminação natural como princípio organizador de projeto. Segundo os autores, somente com a valorização da luz natural nos projetos arquitetônicos que se conduzirá a um projeto com qualidade satisfatória.

2.2 LUZ NATURAL

A iluminação natural pode ser classificada tanto como arte quanto ciência. De acordo com Robbins (1986), enquanto arte, a luz natural beneficia a arquitetura através de características estéticas e qualitativas; já como ciência, funciona como um sistema ambiental que é descrito quantitativamente de acordo com sua integração com outros sistemas. 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)

São inúmeras as vantagens que a iluminação natural pode proporcionar tanto ao ambiente construído quanto aos usuários nele inseridos. 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).

Um dos efeitos psicológicos da iluminação natural está no aumento do interesse por um determinado ambiente, uma vez que a visão humana se desenvolveu com a luz natural. Logo, a constante variabilidade da quantidade de luz e as constantes mudanças de cores e contrastes que ela proporciona no tempo e espaço tornam o ambiente naturalmente mais estimulante (GARROCHO, 2005). Com relação a ambientes escolares, quanto maior for esse estímulo melhor o resultado no processo de ensino-aprendizagem.

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 correta utilização apresenta um reduzido impacto ambiental e é capaz de gerar economia de energia através da moderação do uso da iluminação artificial e do sistema de ar condicionado – partindo do pressuposto de que estes serão menos exigidos e da redução dos picos de energia (ANDERS, 2003; LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 2004). Outra vantagem está no

fato de ela ser capaz de criar um ambiente visual ideal que permite ao usuário obter uma boa noção de profundidade de planos e de percepção visual ao executar determinado tipo de tarefa (FONSECA, 2007).

Robbins (1986) classifica os tipos de uso da luz natural a partir de sete categorias, conforme Figura 1: a) iluminação lateral; b) zenital horizontal; c) angular; d) solar direta; e) indireta; f) átrio; g) reentrâncias e poço de luz ; h) a combinação das citadas anteriormente.

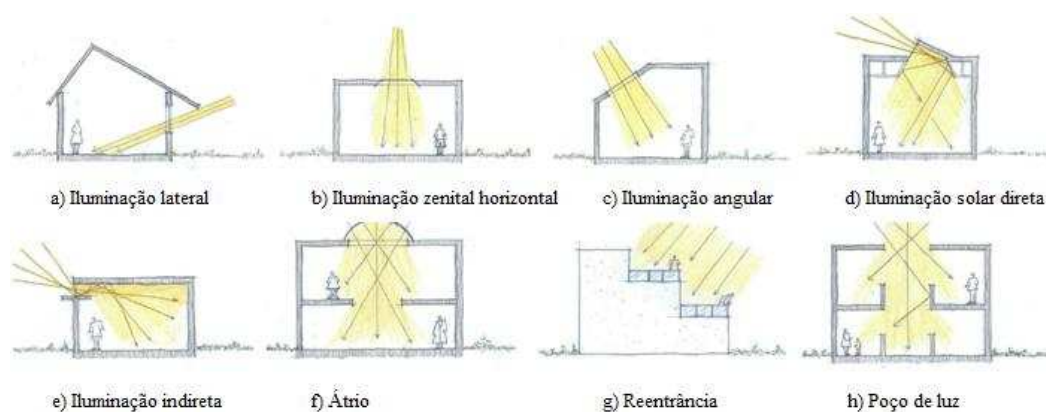


Figura 1 – Esboços esquemáticos para os conceitos de utilização de iluminação natural, segundo a classificação de Robbins (1986)
Fonte: Pereira, 1995.

Enquanto as janelas permitem que o usuário do espaço tenha uma vista do campo superior da paisagem (céu), as aberturas horizontais, ou zênites, originam em vistas panorâmicas inferiores (solo). Tais aberturas podem ocorrer de formas individualizadas em determinadas situações de projeto (BAKER; FANCHIOTTI; STTEMERS, 1993; MOORE, 1991; ROBBINS, 1986).

Segundo Oliveira (2009), a intensidade e a distribuição da luz no ambiente interno dependem de fatores como: disponibilidade de luz natural; obstruções externas; posição e detalhamento de aberturas verticais e horizontais; tamanho e geometria do ambiente; capacidade refletiva das superfícies internas. Entre os principais fatores determinantes da disponibilidade da luz natural, o autor destaca:

- Latitude: determina os ângulos de incidência solar e o período de sua permanência acima do horizonte de um determinado local. Quanto mais alta a incidência solar, menor os níveis de luz natural disponível, principalmente no inverno;
- Clima: determina a configuração básica das condições de céu predominante. A IEA (International Energy Agency) estabelece três tipos básicos de céu: céu claro,

parcialmente encoberto e encoberto. A classificação das condições de céu é realizada visualmente, através da observação do montante de cobertura de nuvens no céu;

- c) Orientação: quando o plano vertical da fachada é direcionado para a região do céu onde o sol faz sua trajetória aparente, estará submetida a maiores níveis de intensidade luminosa, durante períodos mais extensos do dia. No hemisfério Norte, corresponde à fachada voltada para a orientação sul e no hemisfério sul, por sua vez, refere-se à fachada voltada para norte. À medida que se afasta do Equador tal situação é acentuada;
- d) Condições morfológicas da envolvente: compreendem obstruções causadas por edifícios vizinhos, vegetação ou outros elementos que alterem de modo significativo a disponibilidade da luz natural no interior da edificação.

2.2.1 Benefícios da Luz Natural

De acordo com Dogniaux (1987), a luz natural é generalizadamente reconhecida como preferencial, quando comparada com a luz artificial. Tal preferência pode ser assim definida, conforme o autor: a constante variação da luz natural ao longo do dia resulta em jogos de luz e sombra que melhoram a modelagem e a percepção visual do espaço, além de servir como referência na percepção e reprodução de cores; outro fator importante está no fato de a luz natural marcar as variações cíclicas de tempo, contribuindo para nosso senso de orientação espacial.

É necessário que haja o correto dimensionamento do projeto de iluminação natural com o sistema de iluminação artificial de uma edificação, para se garantir desempenho e economia de energia elétrica para a edificação, além da satisfação dos usuários para a realização de atividades diversas. Entretanto, o consumo energético e a eficiência energética de uma edificação não são os únicos tópicos a serem considerados nos projetos de iluminação natural e em projetos luminotécnicos. O adequado conforto visual é igualmente importante (LINHART; SCARTEZZINI, 2011 apud CARLUCCI et al., 2015). No que diz respeito ao conforto visual, a iluminação é um fator essencial para o alcance de um ambiente de aprendizado ideal, pois interfere na legibilidade da informação (GRAÇA et al., 2007). O posicionamento das luminárias do ambiente, com as especificações técnicas adequadas, deve garantir conforto ambiental e conservação de energia simultaneamente (MORAES; CLARO, 2013).

Desse modo, o ideal é que tanto a luz natural quanto o sistema de iluminação artificial sejam levados em consideração durante a fase de concepção do projeto. Estando o projeto de iluminação natural relacionado com a concepção de uma edificação, os projetistas precisam promover a integração dos vários sistemas ambientais com a estrutura e a forma do mesmo (ROBBINS, 1986). Para Souza (2001), quando a iluminação é considerada nas fases iniciais de projeto, ela pode ser considerada como um sistema praticamente sem custos adicionais à edificação. Não considerar o potencial da luz natural em projetos arquitetônicos resulta na dependência excessiva de sistemas artificiais de iluminação, inclusive durante o período diurno, acarretando em desperdício de energia elétrica.

A iluminação natural é um fator eficaz em estratégias sustentáveis nas edificações eficientes que objetivam a redução do consumo de energia (IHM; NEMRI; KRARTI, 2009) e, recentemente, tornou-se uma parte significativa nos projetos com apelos sustentáveis (KIM et al., 2012).

Bertolotti (2007) menciona três fatores básicos de desempenho que devem ser levados em consideração em relação às condições de iluminação de um ambiente: níveis mínimos de iluminância; boa distribuição/uniformidade dos níveis de iluminância pelo ambiente; ausência de ofuscamento dentro do campo visual.

Segundo Pereira (1995), uma boa iluminação nos ambientes de trabalho auxilia no aumento da produtividade, contribuindo também para uma sensação de bem estar. A luz natural deverá ser dirigida às pessoas, devendo-se respeitar as necessidades de percepção visual. Majoros (1998) destaca os pontos positivos da luz natural:

- a qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural;
- a constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;
- a luz natural permite índices mais altos de iluminância, se comparados à luz artificial;
- um bom projeto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80 a 90% das horas de luz diária, permitindo uma enorme economia de energia;
- a luz natural é uma fonte de energia renovável.

2.2.2 O Fenômeno Luz e os Mecanismos de Visão e Percepção

Essencial para o processo de visão e fundamental para os processos de relacionamento dos mecanismos cerebrais com o meio ambiente (OLIVEIRA, 2009), a luz é o espectro de energia radiante que um observador constata através da sensação visual, determinado pelo estímulo da retina ocular (CREDER, 2007). Ao penetrar no olho humano, promove a sensação de claridade e é também responsável pelo transporte de todas as informações visuais que são recebidas (NETO, 1980).

Assim, a luz natural, como fonte de luz compatível com a resposta do olho humano, compreende a parcela da radiação eletromagnética entre os comprimentos de onda de 380 a 780nm. Tal espectro é perceptível à visão humana, a qual vem sofrendo adaptações há milhões de anos (BAKER; FANCHIOTTI; STTEMERS, 1993; PEREIRA, 1995; SOUZA, 2001).

Com características próprias à sua natureza, como o fato de ser variável - em intensidade e espectro ao longo do dia, de estações do ano e de local - a luz é capaz de interferir em numerosos processos fisiológicos e psicológicos do ser humano, nos quais os efeitos se agrupam e se associam da seguinte forma: controle do relógio biológico, efeitos da luz sobre o sono, cura de doenças e do estado de ânimo e influência sobre o rendimento das atividades das pessoas. Os organismos vivos obedecem a um ciclo de vinte e quatro horas chamado de ciclo circadiano⁴, responsável pelas funções vitais que se alternam entre um ritmo decrescente à noite e crescente durante o dia (GAETANO, 2002). Dessa forma a luz, enquanto marcador temporal do relógio biológico humano, faz com que, mediante uma iluminação adequada, as pessoas sejam capazes de produzir mais e melhor, podendo aumentar seu estado de alerta, melhorar a qualidade do sono, ou seja, o seu bem-estar (OLIVEIRA, 2009).

À necessidade humana pela luz, está atrelado o conforto visual, definido como uma condição subjetiva de bem-estar visual induzida pelas visuais do ambiente, que depende sobretudo da fisiologia do olho humano, das quantidades físicas que descrevem a luz e sua distribuição no espaço e da emissão espectral da fonte de luz. O conforto visual tem sido estudado considerando-se a avaliação de fatores relacionados com as necessidades humanas e o ambiente, tais como:

⁴ Do latim *circa* – cerca de, e *die* – dia. Relógio biológico.

quantidade de luz, uniformidade da luz, qualidade da luz em reproduzir cores e a previsão do risco de brilho excessivo (ofuscamento) para os ocupantes do recinto (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2011 apud CARLUCCI et al., 2015). Assim, uma boa visibilidade é definida como a quantidade de luz adequada para um ocupante realizar suas tarefas. Havendo baixos ou elevados índices de luminância, manifesta-se o que se denomina desconforto visual. A uniformidade da luz, por sua vez, previne o estresse visual causado pela frequente adaptação do olho em reconhecer áreas com índices elevados de contraste, reduzindo-se assim o risco de desconforto visual (ANDERSEN et al., 2008 apud CARLUCCI et al., 2015).

Já a percepção visual, é definida por Lechner (1991) como a interpretação do que os olhos veem. O autor defende a ideia de que, para se criar um sistema de iluminação eficaz, o projetista deverá entender os vários aspectos da percepção humana.

O correto dimensionamento da iluminação é imprescindível para serem obtidas boas condições de conforto visual para o indivíduo. De acordo com Oliveira (2009), o principal efeito das más condições de iluminação sobre o sistema visual é a fadiga visual, cujos sintomas mais comuns são: olhos congestionados, visão embaçada, lacrimejamento constante, dificuldade de visão e dor de cabeça. Caso se tornem repetitivos, trazem perturbações à saúde e ao desempenho do indivíduo. Tais sintomas podem ser causados por níveis inadequados de iluminação, tanto naturais quanto artificiais, pelas condições das tarefas a serem realizadas e sua envolvente ambiental, além de problemas no sistema visual do indivíduo.

No caso de ambientes escolares, a iluminação auxilia no processo ensino-aprendizagem do aluno, garantindo maior conforto visual e auxiliando no processo de percepção do aluno. Dentre os fatores que influenciam os processos de aprendizagem, Bertolotti (2007) destaca que os relacionados com as condições ambientais têm um papel determinante. O estímulo educacional é repassado através da percepção dos sentidos, sendo um dos mais importantes a visão. Além disso, boas condições de iluminação favorecem o desempenho visual. Por sua vez, a luz natural é mais favorável à identificação de contrastes e reprodução de cores e à percepção de formas tridimensionais. A qualidade da luz é também importante para os olhos das crianças. Os olhos coletam e convertem, através dos nervos óticos, a luz visível em

impulsos elétricos direcionados ao cérebro. Dessa forma, a luz natural fornece o mais rico espectro de luz, atenuando o esforço implícito nas tarefas visuais.

2.2.3 Qualidade da Iluminação: Ambiência, Desempenho e Conforto

A qualidade do ambiente construído está diretamente relacionada com parâmetros físicos da edificação e fatores psicológicos do ser humano. De acordo com Reis e Lay (2006), a edificação deve ser concebida e construída sob um conjunto de características físico-espaciais que sejam capazes de responder às diversas necessidades de seus usuários, características tais que podem ser descritas como categorias definidoras da qualidade do projeto do ambiente construído. Com relação à análise de sistemas de iluminação, pode-se afirmar que a qualidade da iluminação é considerada adequada quando o ambiente atende aos seguintes aspectos:

- criar boas condições para visualização;
- fornecer suporte para o desempenho de atividades e ajustes de comportamentos apropriados;
- favorecer a desejável interação e comunicação entre usuários do espaço;
- contribuir para modos situacionalmente apropriados;
- prover boas condições para a saúde do usuário;
- contribuir para a apreciação estética do espaço.

Na Figura 2 mostra-se que a qualidade da iluminação está vinculada à ambiência e ao desempenho e conforto visuais proporcionados pela luz aos usuários do ambiente construído.

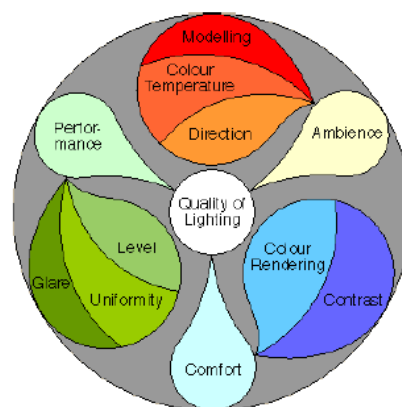


Figura 2 – Qualidade da iluminação, segundo parâmetros de ambiência, desempenho e conforto

Fonte: Disponível em: <http://new-learn.info/packages/clear/images/clear_banner.png>. Acesso em: maio/2015.

Dessa forma, o dimensionamento do sistema de iluminação de um ambiente é considerado satisfatório à medida que ele for concebido de modo a atender a pré-requisitos relacionados com o bem-estar individual, a economia e a conservação de energia, além de aspectos arquitetônicos (Figura 3).



Figura 3 – Qualidade da iluminação, segundo parâmetros de bem-estar, economia e arquitetura

Fonte: Disponível em: <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/rr154>>. Acesso em: maio/2015.

2.2.4 Luz e Desenho de Janelas

O histórico da iluminação natural está intimamente ligado ao papel das aberturas no envoltório das edificações (PEREIRA, 2005). As aberturas proporcionam a ligação do interior com o exterior, admitindo luz natural – essencial para toda atividade que exige estímulos visuais – além de ventilação, proporcionando ar fresco ao ambiente interior.

De acordo com Oliveira (2009), a luz natural que atravessa uma janela pode ser oriunda de diversas fontes: luz solar direta, céu claro, céu parcialmente encoberto, céu encoberto, luz refletida do solo, vegetação e edifícios. Dependendo da fonte, a luz irá variar tanto em quantidade e carga térmica quanto em aspectos qualitativos – cor, difusão e eficácia (Figura 4).

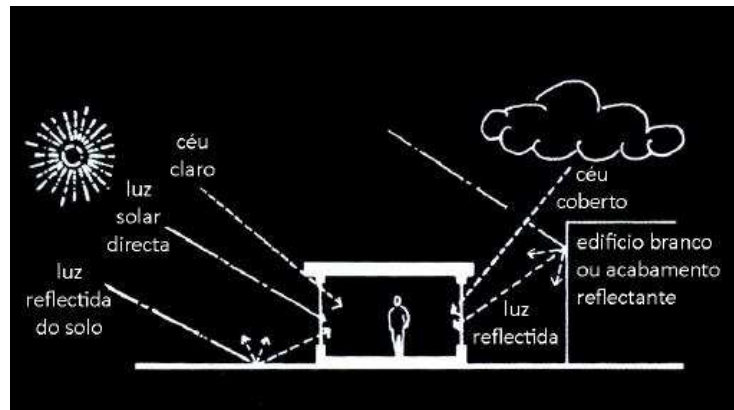


Figura 4 – Fontes de luz natural
 Fonte: Oliveira, 2009.

O posicionamento e dimensionamento das janelas estão entre os problemas mais significativos no projeto de arquitetura para obtenção de luz natural. Arquitetos e engenheiros deverão estar cientes de que a luz do dia é a fonte mais abundante de luz disponível e deve ser considerada desde a etapa inicial de projeto (INAN, 2013). De acordo com Vianna e Gonçalves (2001), um dos agravantes relacionados com a iluminação lateral está na desuniformidade em termos de distribuição de luz pelo local, pois a iluminação no interior decresce rapidamente à medida que se afasta da janela.

- Lechner (2001) aponta algumas estratégias para evitar os inconvenientes das janelas convencionais:
- o posicionamento das janelas em alturas elevadas e distribuídas em abundância, tanto em quantidade quanto na sua dimensão, respeitando a área máxima de 20% da área do piso. O nível de iluminância próximo às janelas diminui à medida que a altura do peitoril da janela aumenta. Entretanto, a iluminância no interior do ambiente aumenta e é bastante uniforme nesses casos (AYBAR, 2003 apud INAN, 2013);
- sempre que possível, projetar janelas em mais de uma parede, pois a iluminação bilateral permite uma melhor distribuição de luz no espaço. Janelas em paredes adjacentes reduzem o ofuscamento;
- projetar janelas em paredes contíguas às paredes interiores, de modo que as paredes interiores, perpendiculares ou adjacentes, atuem como refletoras, reduzindo a entrada direta de luz natural;
- a utilização de janelas chanfradas reduz o contraste entre estas e a parede, criando um espaço de transição da claridade que as tornam mais confortáveis à visão;

- a luz natural pode ser filtrada por vários tipos de componentes, tais como a vegetação e vidros translúcidos, de modo que os reflexos diretos sejam amenizados;
- dispositivos de proteção solar, como o brise-soleil, são elementos efetivos de controle da radiação direta, reduzindo o ofuscamento e suavizando o contraste entre níveis de claridade dentro do espaço.

As janelas também desempenham um papel significativo no consumo de energia de um edifício (LI, 2010) e pode ser considerada como uma das estratégias mais importantes para reduzir o consumo de energia de modo efetivo (LEE et al., 2013). Isso porque suas dimensões influenciam diretamente na distribuição da luz natural no interior da edificação: janelas de grandes dimensões proporcionam uma maior concentração de luz do dia em um ambiente; entretanto, também podem ocasionar ganhos de calor excessivo que aumentam o consumo de energia (GHISI; TINKER, 2005).

Outros aspectos relevantes sobre janelas devem ser considerados com relação ao seu correto dimensionamento. Lee et al. (2013) destacam:

- a verga da janela deverá ser o mais alto possível – pelo menos 2m acima do nível do piso, para permitir que o observador, em pé, consiga visualizar o exterior;
- a área que a superfície da janela ocupa deve ser distribuída uniformemente ao longo da parede;
- as alturas e larguras da janela não deverão ser muito pequenas com relação à parede que estão inseridas, pois essa redução implica na desuniformidade da luz natural, além de provocar sombras indesejáveis.

2.3 LUZ EM AMBIENTES ESCOLARES

Há tempos que o estudo da iluminação em edifícios escolares é tema de interesse para pesquisadores. Ao longo dos anos estudos têm revelado que a luz do dia estaria intimamente associada à melhoria do desempenho de estudantes, assim como na promoção de uma saúde melhor (DUNN et al.,1985; HESCHONG; WRITE; OKURA, 2002).

A luz natural é um dos elementos de maior relevância no desenvolvimento de crianças, sendo ela determinante para que diversas reações químicas e hormonais ocorram, contribuindo para o seu completo desenvolvimento. É na presença da luz natural que o ciclo circadiano do corpo humano se orienta - identifica as passagens das horas do dia e as estações do ano e os momentos em que o corpo necessita

descansar e despertar. A presença de luz natural nos ambientes de ensino propicia às crianças uma melhor percepção do espaço e não pode ser totalmente substituída, em qualidade e precisão, por nenhuma fonte de luz artificial. Assim, é muito importante que ambientes de ensino sejam providos de luz natural.

No Brasil, a história da educação tem como base o desenvolvimento do ensino da Europa e, mais tarde, da América do Norte. Desse modo, é significativa a contribuição que o estudo de alguns aspectos da história da Europa pode oferecer sobre a origem das instituições presentes na educação ocidental (KOWALTOWSKI, 2011).

A escola do início do século XVIII nas sociedades ocidentais era caracterizada pelo modelo de sala de aula única. No início do século XIX, com as influências de urbanização e industrialização se propagando rapidamente, houve o aumento da oferta educativa para as classes industriais, tendo como resultado escolas com seu desenvolvimento inicial em igrejas ou reformatórios institucionais (WU; NG, 2013). O estilo de sala de aula única era utilizado para a instrução de toda a escola, simultaneamente, conforme a Figura 5.

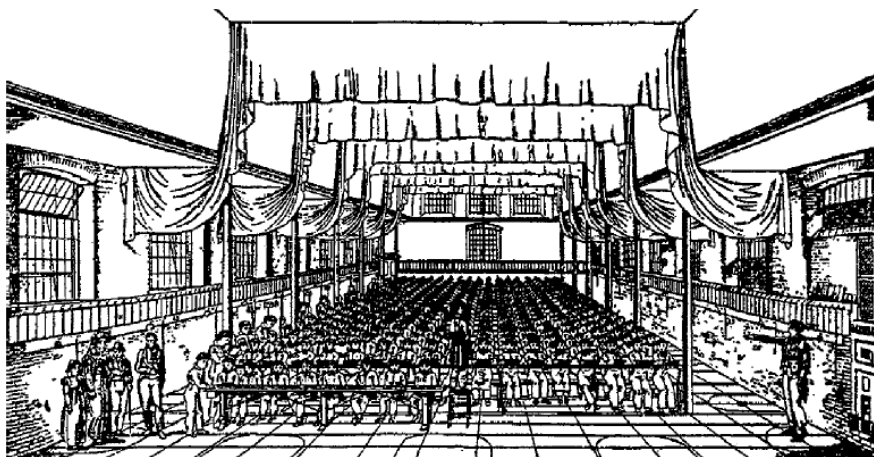


Figura 5 – Vista interior de uma sala de aula única na Escola Central Southwark, Londres, início do século XIX

Fonte: Seaborne, 1971 apud Wu; NG, 2013.

O estilo desses edifícios escolares espalhou-se rapidamente, mas desapareceu quase que instantaneamente com o aumento da população escolar no Reino Unido, resultando na disponibilização de salas de aula separadas para crianças de diferentes habilidades e idades. De 1900 a 1930, um movimento denominado ‘escola ao ar livre’ foi amplamente difundido, caracterizando-se pela ênfase na saúde e bem-estar

em edifícios escolares, além da promoção de uma melhor ventilação e captação de luz natural nessas edificações. De acordo com Wu e Ng (2013), a característica desse tipo de arquitetura empregada nas escolas ao ar livre é de salas expostas ao ar fresco e presença de luz do sol direta por algumas horas do dia (Figura 6).

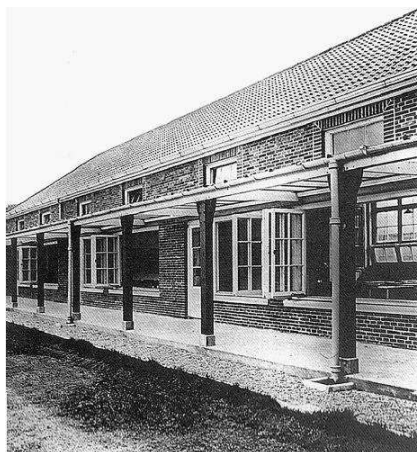


Figura 6 – Típica escola ao ar livre dos anos 1930, em Londres, com janelas de dobrar
Fonte: Great Britain, Department for Education, Architectures and Building Division apud Wu; NG, 2013.

As inovações tecnológicas na construção a partir do pós-guerra, tais como o uso de estruturas de aço, tornaram possível o uso do vidro em uma área máxima em janelas escolares. Entretanto, as grandes dimensões causaram transtornos como excesso de brilho e superaquecimento no interior das salas no verão, levando à reavaliação do uso de iluminação nos projetos de escolas e redimensionando as janelas para tamanhos menores (HOPKINSON; LONGMORE; MURRAY, 1958).

A evolução do dimensionamento das janelas de salas de aula transformou-se ao longo das décadas: nos EUA, com o crescente uso da lâmpada fluorescente a partir da década de 1960 e com o emprego do ar condicionado em escolas, engenheiros chegaram a sugerir que janelas de dimensões menores garantiriam melhor eficiência energética (KAY, 1963; BROWN; HULT, 1967 apud WU; NG, 2013). O resultado foi salas de aulas com pouca luz do dia e sem janelas na década de 1970 (McDONALD, 1961; LYNES, 1968 apud WU; NG, 2013).

Na década de 1980, as escolas europeias e norte americanas passaram a se caracterizar por um modelo passivo-solar que, ao contrário do modelo com poucas janelas da década anterior, tornou-se mais eficaz na utilização de iluminação natural. Os edifícios com recursos passivos solares exigiram dos projetistas maiores considerações com relação à estética e ao equilíbrio térmico das janelas, além da

questão do ofuscamento. Tal modelo foi chamado de seletivo, de acordo com a Figura 7.

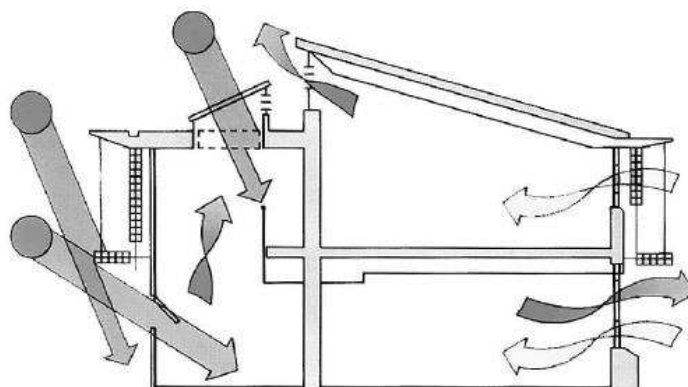


Figura 7 – Modelo de escola seletiva
Fonte: HMSO 1994 apud Wu; NG, 2013

Foi no final da década de 1980 que os projetos de edificações escolares obtiveram uma mudança significativa, com os arquitetos respondendo às necessidades para a mudança na educação, explorando o tema iluminação natural nas salas de aula.

Entretanto, a maioria dos arquitetos e engenheiros responsáveis por projetos de iluminação não possuem habilidade para o desenvolvimento de um projeto prevendo o correto dimensionamento da luz natural, acarretando em muita luz no interior do ambiente e, conseqüentemente, gerando excesso de calor (SPINNER, 2010).

O papel da arquitetura no cotidiano das instituições escolares é imprescindível para garantir condições de conforto e até mesmo auxiliar no desempenho dos alunos em sala de aula. A arquitetura escolar, considerada como elemento curricular, propõe, estimula e encoraja processos de aprendizagem. O modo como a luz é trabalhada na concepção do projeto é determinante para a qualidade do ambiente escolar. De acordo com Duarte (2013), as divisórias dos ambientes podem ser estruturadas de modo a permitir a melhoria da iluminação assim como a visualização de outros ambientes, quer pela presença de janelas, quer por meio de outros elementos que cumpram função semelhante - tais como recortes de vidros em esquadrias, ou elementos vazados (cobogós), que propiciem àqueles que estejam dentro dos ambientes, à sensação de não confinamento.

2.3.1 As Escolas Públicas Brasileiras

O amplo efeito social e a padronização dos projetos de ambientes escolares têm despertado o interesse de pesquisadores brasileiros quanto ao desempenho destas edificações, sobretudo no que diz respeito às escolas públicas de primeiro e segundo graus (ORNSTEIN; MARTINS, 1997). Dessa forma, é oportuno um breve histórico sobre as escolas públicas brasileiras.

Segundo a Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE, 1998a), desde o século XIX, vários órgãos do poder público foram responsáveis pelo planejamento, construção e manutenção dos estabelecimentos de ensino do Brasil, com várias tentativas de se traçarem diretrizes ou ‘padrões’ para a construção das edificações escolares. Como consequência das tentativas de padronização da construção de escolas públicas, verifica-se uma semelhança na concepção dos projetos arquitetônicos, diferentes apenas nas implantações (AMORIM, 2007 apud KOWALTOWSKI, 2011).

As edificações escolares brasileiras do final do século XIX até a década de 1920 destacam-se pela arquitetura neoclássica, própria da Primeira República. Prevalecem prédios imponentes, com eixos simétricos, pé-direito alto e andar térreo acima do nível da rua, com imensas escadarias, para um impacto no entorno urbano (KOWALTOWSKI, 2011).

De acordo com Azevedo (2002), durante a República, em 1889, novas perspectivas surgiram à nação brasileira, dentre elas estava assegurar a educação à população. A partir desse momento, e com o advento de desenvolvimento industrial, a escola passa a ser vista como um equipamento urbano essencial, com modelos e princípios educacionais provenientes da Europa. Com a descentralização escolar, a arquitetura passa por estágios e estilos distintos, variando de acordo com o contexto político e social vigente. Na década de 1930, com a Revolução Constitucionalista, a escola passa por uma estruturação do ensino através da escola nacionalista, consolidando a primeira fase do movimento moderno. Surge então a necessidade de construir com rapidez um grande número de edifícios a baixo custo, com projetos de sistemas construtivos mais racionais (RAMALHO; WOLF, 1986 apud KOWALTOWSKI, 2011).

Os edifícios escolares da década de 1930 possuíam uma arquitetura racionalista, de linguagem formal e sem ornamentação, com formas simples e geométricas além de predominância de aberturas horizontais (RAIMANN; RAIMANN, 2008 apud KOWALTOWSKI, 2011). Tem início o funcionalismo na arquitetura escolar: as plantas dos edifícios escolares são, em geral, em forma de ‘L’ ou ‘U’ com a área de ensino constituindo o volume principal (FDE,1998 apud KOWALTOWSKI, 2011).

Nas décadas de 1940 e 1950, objetivando atender a demanda cada vez maior de alunos e com as metas políticas educacionais vigentes, ocorre a normatização e padronização de projetos escolares: com o predomínio da arquitetura moderna, nesse período ainda prevaleceria uma coerência com relação a aspectos ambientais – condicionamento térmico natural obtido através de brises soleil para proteção de fachadas ensolaradas e controle da insolação, além de pilotis objetivando melhor ventilação e simplicidade morfológica (AZEVEDO, 2002).

Já na década de 1960, de acordo com Carvalho (2011), os edifícios escolares no Brasil apresentavam qualidades espaciais que possibilitariam espaços mais fluidos, com uma arquitetura sem adornos e sem qualquer menção histórica.

Na década de 1970, foi criada a Lei nº 5.692, de Diretrizes e Bases para o ensino de primeiro e segundo graus, estabelecendo o mínimo de oito anos de escolaridade obrigatória e gratuita para o ensino fundamental e três anos de escolaridade para o segundo grau. Tal mudança resultou em uma reestruturação física espacial da rede de edifícios escolares. Entre 1984 e 1987 foram implantados no Rio de Janeiro os CIEPs – Centros Integrados de Educação Pública – cujos projetos eram padronizados e elaborados por Oscar Niemeyer. O objetivo desses centros era o ensino integral, onde as crianças pudessem ficar nas escolas durante os dois turnos, sendo assistidas na saúde, alimentação e orientação pedagógica. Com base nos CIEPs, posteriormente foram criados os CIACs – Centro Integrado de Atenção à Criança e ao Adolescente – implantados em todo o território nacional. Entretanto, os CIACs não obtiveram bons resultados, sendo posteriormente retomados com a denominação de CAICs. Todos esses projetos objetivavam uma arquitetura padronizada, derivada do processo de pré-fabricação (AZEVEDO, 2002).

As edificações escolares dos últimos trinta anos, na maioria dos Estados, apresentam uma arquitetura bastante padronizada (KOWALTOWSKI, 2011).

De acordo com Ferreira e Mello (2006), o histórico das construções escolares mostra uma preocupação principal em atender a demanda por vagas estudantis, que é um fator crescente ao longo do tempo, ou seja, a prioridade nem sempre está na qualidade dos edifícios, mas sim na quantidade de vagas criadas com a construção de salas de aula. Tal fato é agravado quando se trata de obras públicas que dependem de fatores políticos e limitações relativas a prazos, recursos disponíveis e até mesmo a própria legislação vigente.

Entretanto, a padronização de edificações escolares nem sempre leva em conta situações locais específicas, resultando em ambientes escolares desfavoráveis, com problemas relacionados ao conforto ambiental. Segundo Kowaltowski (2011, p.96),

O principal aspecto ignorado pelos projetos padrão é a implantação [Barros, 2002]. A orientação solar e de ventos dominantes é peculiar a cada situação e demanda ajustes para a proteção solar das aberturas, sem prejuízo à captação de ventos desejáveis. O formato do lote, a topografia e as condições geológicas nunca são iguais. São necessários ajustes dos acessos à edificação, afastamento de fontes de ruído, sistema estrutural, drenagem e conexões das infraestruturas. A adaptabilidade do projeto a situações variáveis de topografia e formato de lote nem sempre é simples ou eficiente, pois os ajustes, muitas vezes, indicam modificações substanciais, que tiram a vantagem da redução do custo do projeto como protótipo.

O mau dimensionamento da iluminação em escolas é consequência de erros oriundos da fase de concepção de projeto.

De acordo com Mascaró (1999), o Brasil dispõe de grande quantidade de luz natural na região tropical, entretanto, se é pouco sensível em administrá-la corretamente através de decisões de projeto que otimizem a radiação luminosa e seus efeitos térmicos. Tal fato se deve à utilização de técnicas, estilos arquitetônicos e costumes incompatíveis com a realidade climática brasileira, que foram absorvidos de culturas norte-americanas e europeias, através dos tempos.

Diversos autores ressaltam uma série de aspectos problemáticos no estudo da iluminação de ambientes de salas de aula. Winterbottom e Wilkins (2009) afirmam que, na maioria dos casos, a ação para corrigir os problemas encontrados nas escolas

seria simples e qualquer custo seria compensado a médio prazo – aumentando a eficiência, reduzindo o desperdício e gerando benefícios em termos de saúde dos alunos. Moraes e Claro (2013) concluem que, além do aproveitamento da iluminação natural, o posicionamento das luminárias bem como de suas especificações técnicas, são capazes de contribuir para o conforto ambiental e conservação de energia. De acordo com Kowaltowski (2011), o correto uso de dispositivos de proteção solar irá garantir a melhoria e o controle da iluminação natural em salas de aula: as cortinas evitam o excesso de insolação e de claridade, porém podem interferir no aspecto térmico do ambiente; o ofuscamento da lousa é mais bem solucionado através de dispositivos externos – como os toldos e brises – além do plantio de árvores próximo às aberturas. A autora recomenda um projeto específico para cada sala de aula, com um brise-soleil móvel no exterior das aberturas envidraçadas. É preciso evitar a colocação de lâmpadas em pontos que provoquem sombreamento, tais como próximo às vigas. Deverá ser feita manutenção periódica no sistema de iluminação artificial, com troca de reatores tanto das luminárias quanto da rede elétrica.

A edificação escolar deve ser robusta o suficiente para resistir ao uso intenso de crianças e jovens, cheios de energia, e ao mesmo tempo ele deve ser um ambiente estimulante, acolhedor e com elementos humanizadores e de beleza. No Brasil, há outros fatores complicadores, tais como implantações em regiões urbanas periféricas com infraestrutura caótica e em lotes com dimensões insuficientes, acarretando em formatos nem sempre ideais para acomodarem o programa arquitetônico de uma nova escola. Por fim, cabe lembrar que no contexto brasileiro ainda há falta de prédios escolares para abrigarem uma população crescente sendo, portanto, a complexidade da arquitetura escolar um elemento significativo do processo de projeto, exigindo do projetista atenção especial (KOWALTOWSKI; MOREIRA; DELIBERADOR, 2012).

Entretanto, preocupações em maximizar a eficiência e a qualidade da iluminação em ambientes escolares ainda não fazem parte da prática projetual em muitos casos.

2.3.2 Luz e Desempenho Escolar

Há evidências de que a iluminação da sala de aula influencia na aprendizagem dos alunos e que professores e alunos têm preferências sobre a sala de

aula com a presença de iluminação natural (SCHNEIDER, 2003 apud WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009).

Winterbottom e Wilkins (2009) identificaram estudos que apontam mudanças no comportamento dos estudantes de acordo com o tipo de iluminação do ambiente, entre os quais se destacam:

- Fenton e Penney (1985) evidenciam que as crianças autistas possuem comportamentos mais repetitivos sob a luz fluorescente;
- Schreiber (1996) sugere que as crianças tornam-se mais relaxadas e interessadas em atividades de sala de aula quando o brilho da luz é reduzido;
- Shapiro, Roth e Marcus (2001) verificaram que o mau comportamento das crianças tornou-se menos frequente num ambiente com iluminação difusa com lâmpadas fluorescentes indiretas;
- Lyons (2002) também sugere que o espectro completo da iluminação fluorescente pode beneficiar a aprendizagem;
- Rittner e Robbin (2002) indicaram que a luz natural ajuda os alunos a reterem e aprenderem novas informações;
- Schulz (1977) examinou a importância de se evitar uma iluminação excessiva;
- Woolner et al. (2007) enfatizam que a necessidade de gestão integrada de sistemas de iluminação natural e de iluminação artificial é amplamente aceita.

A ausência de iluminação natural na realização de tarefas visuais afeta o desempenho do aluno em suas atividades cotidianas no ambiente escolar. De acordo com Küller e Lindsten (1992), o trabalho em sala de aula, sem a presença de luz natural pode perturbar o padrão básico de hormônio do indivíduo, influenciando na capacidade de concentração e cooperação, e também, eventualmente, ter um impacto sobre o crescimento do corpo da criança.

Lechner (1991), ao citar o livro *Perceptions and Lighting* de William Lam, aborda as principais necessidades biológicas do ser humano relacionadas com a luz: orientação espacial; orientação de tempo; entendimento de formas estruturais; concentração em atividades; necessidade de um espaço personalizado e alegre; necessidade de visuais de interesse; organização do ambiente visual e necessidade de segurança.

Inúmeros são os benefícios gerados pela iluminação natural num ambiente. De acordo com Kilic e Hasirci (2011), priorizar a luz do dia como a principal fonte

de iluminação em espaços interiores é uma ferramenta de arquitetura que influencia na percepção e no comportamento dos usuários, uma vez que satisfaz um grande número de pessoas em qualquer tipo de espaço interior. Existem consideráveis evidências de que muitos projetos de iluminação podem influenciar nas atividades visuais humanas, intencionalmente ou não, afetando nas impressões de uma sala ou em algum tipo de atividade ali exercida. Para os autores, o acesso a uma janela com luz suficiente e uma visualização externa são benéficas para os usuários, e isso acaba afetando na satisfação no local de trabalho.

2.4 ANÁLISE DE NORMAS TÉCNICAS REFERENTE À ILUMINÂNCIA DE INTERIORES

Como visto anteriormente nessa pesquisa, não somente os aspectos relacionados à iluminação artificial são necessários para garantir satisfação no que se refere à ambiência e desempenho. A ausência de iluminação natural na realização de tarefas visuais, por sua vez, afeta o desempenho de atividades cotidianas relacionadas com o processo ensino-aprendizagem.

A iluminação de ambientes escolares necessita de um dimensionamento adequado de modo que os planos verticais e horizontais recebam a quantidade de luz necessária para a realização das atividades visuais em salas de aulas.

As normas e manuais pertinentes à iluminância em ambientes escolares são previstas pelo International Energy Agency, IESNA (2000), e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR ISO 8995-1, esta desde 2013 substituiu a NBR 5413 (Iluminância de interiores – Especificação) e a NBR 5382 (Verificação de iluminância de interiores).

O manual IESNA (2000) ressalta a importância da refletância das superfícies interiores na distribuição da luz e apresenta algumas recomendações para piso, parede e teto (Figura 8).

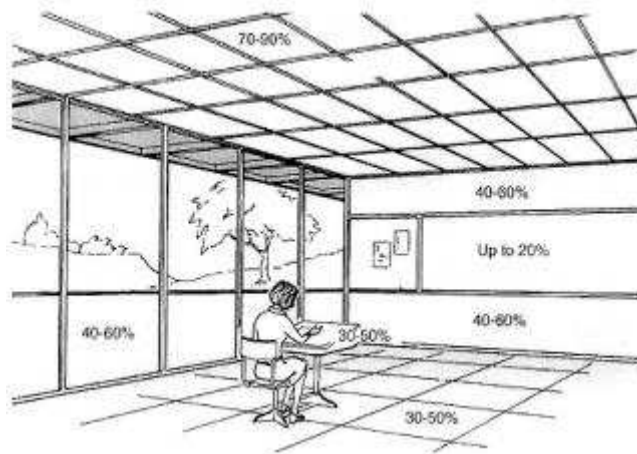


Figura 8 – Recomendações de refletâncias para piso, parede e teto de uma sala de aulas
Fonte: IESNA (2000).

Com relação à iluminância⁵ do ambiente, o manual recomenda eleger como nível de iluminância ótimo a tarefa que exige o maior nível de iluminância (por exemplo, a leitura de um texto escrito a lápis); em casos onde haja atividades com grande diferença de iluminâncias em um mesmo ambiente, o IESNA (2000) indica que um nível geral deverá ser adotado para a tarefa que solicite menos iluminância, enquanto sejam providenciados níveis altos de iluminância somente nos locais onde haja necessidade.

O manual sugere que a iluminância da área de tarefa⁶ deverá ser maior do que a do entorno imediato⁷ e, de um modo geral, quanto mais uniforme for à distribuição da luz no campo visual do observador, melhor será a visibilidade da tarefa.

Com relação à luminância⁸, é recomendado evitar diferenças acentuadas, diminuindo-se a luminância de luminárias e janelas e aumentando-se a luminância das superfícies interiores.

O IESNA (2000) orienta a utilização de materiais opacos para superfícies interiores, mobiliários e equipamentos de sala de aulas em geral para evitar o

⁵ Nível de iluminação, ou iluminamento, é a densidade do fluxo luminoso recebido por uma superfície. Unidade lux (lm/m²).

⁶ Área parcial no local de trabalho em que a tarefa visual é realizada.

⁷ Área ao redor da área da tarefa, dentro do campo de visão.

⁸ Quociente entre a intensidade luminosa em uma determinada direção e área aparente da fonte nesta mesma direção. Unidade: cd/m².

ofuscamento⁹, além da utilização de dispositivos de proteção solar como brises, cortinas, venezianas e prateleiras de luz para evitar a incidência direta de radiação solar no interior do ambiente.

A ABNT NBR ISO 8995-1, que passou a vigorar em 21 de abril de 2013, especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e para o desempenho de tarefas visuais de modo eficiente, com conforto e segurança.

Até o início de 2013, as principais normas referentes à iluminação (NBR 5413 e NBR 5382) não sofriam alterações e há anos estavam obsoletas. Baseada na norma International Organization for Standardization, ISO 8995-1 – Lighting of indoor workplaces, elaborada em conjunto com a Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE S 008/E), a norma atende e excede as exigências da atual Norma Regulamentadora NR17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho.

De acordo com a ABNT NBR ISO 8995-1, é preciso que a quantidade e a qualidade da iluminação sejam adequadas no ambiente interno, uma vez que a visibilidade depende da maneira pela qual a luz é fornecida, das características da cor de fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema. A norma cita que a iluminação do ambiente pode ser realizada através de fonte natural, artificial ou mista.

Os principais parâmetros para proporcionar conforto luminoso são: distribuição de luminância; iluminância; ofuscamento; direcionalidade da luz; aspectos da cor da luz e cor da superfície; cintilação; luz natural; manutenção. Atenção especial deverá ser dada a ofuscamentos desconfortáveis na área de trabalho, ocasionados por luminárias brilhantes ou nas proximidades de janelas. Eles devem ser evitados por meio de proteção contra visão direta da lâmpada ou por anteparos nas janelas.

A NBR ISO 8995-1, diferentemente das extintas normas NBR 5413 e NBR 5382, estabelece novos critérios e requisitos qualitativos ao projeto luminotécnico, relacionados com o controle de ofuscamento (nível de UGR), índice de reprodução da cor (RA) e na iluminação de tarefas e critérios quantitativos no atendimento aos

⁹ Sensação produzida por áreas excessivamente brilhantes ou pela diferença de luminâncias dentro do campo de visão do observador.

níveis de iluminância – este último item, ainda que anteriormente abordado na NBR 5413, sofre alterações com relação ao nível de lux para determinados tipos de tarefas visuais. A norma apresenta quatro anexos para esclarecimento, abordando: a) considerações para áreas de tarefa e áreas do entorno; b) malha de cálculo para projetos do sistema de iluminação; c) controle do ofuscamento; d) manutenção do sistema de iluminação.

Com relação às condições adequadas para a área de tarefa e do entorno imediato, a norma prevê que se tenha um valor de uniformidade¹⁰ superior a 0,7 na área de tarefa e superior a 0,5 no entorno imediato (Figura 9).

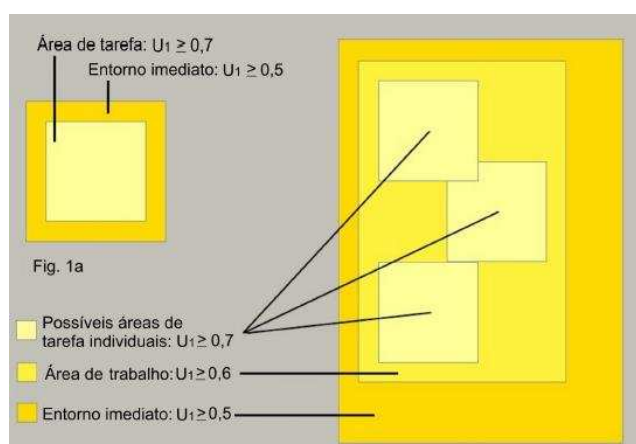


Figura 9 – Área de tarefa e entorno imediato
Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1:2013.

Relativamente à malha de cálculo para projetos do sistema de iluminação, a norma recomenda que se tenham dimensões apropriadas para a área da tarefa e para salas de tamanhos distintos, conforme Quadro 1.

Ambiente	Maior dimensão da zona ou sala d	Tamanho da malha p
Área da tarefa	Aproximadamente 1m	0,2m
Salas/zonas de salas pequenas	Aproximadamente 5m	0,6m
Salas médias	Aproximadamente 10m	1m
Salas grandes	Aproximadamente 50m	3m

NOTA: Recomenda-se que o tamanho da malha não seja excedido.

Quadro 1 – Tamanho da malha
Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1:2013.

¹⁰ Uniformidade: relação entre o mínimo e o máximo de iluminância em um ambiente.

Para o controle do ofuscamento, determinado pelo método UGR, a norma orienta que um sistema de iluminação deva ser suficientemente adequado para sua respectiva categoria UGR_L. Tais índices podem ser verificados através do método tabular e as tabelas UGR são fornecidas pelos fabricantes de lâmpadas para seus dados serem incorporados em programas de cálculo de iluminação (Quadro 2).

Para o controle do ofuscamento, determinado pelo método UGR, a norma orienta que um sistema de iluminação deva ser suficientemente adequado para sua respectiva categoria UGR_L. Tais índices podem ser verificados através do método tabular e as tabelas UGR são fornecidas pelos fabricantes de lâmpadas para seus dados serem incorporados em programas de cálculo de iluminação (Quadro 2).

Desenho técnico	≤ 16
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções	≤ 19
Trabalho em indústria, exposições, recepção	≤ 22
Trabalho bruto, escadas	≤ 25
Corredores	≤ 28

Quadro 2 – Limites máximos de UGR_L
 Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1: 2013.

A norma apresenta as seguintes informações sobre a manutenção do sistema de iluminação:

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 adequado precisa ser aplicado 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).

Desse modo, o fator de manutenção é a relação entre a iluminância mantida e o nível de iluminância do sistema de iluminação novo, representado na Figura 10.

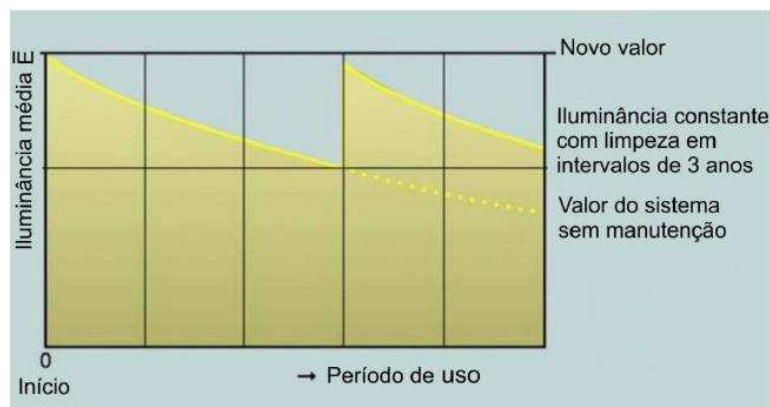


Figura 10 – Manutenção do sistema de iluminação

Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1: 2013.

A norma sugere que o projetista elabore um cronograma de manutenção para o sistema de iluminação e identifica os tipos de fatores de manutenção do sistema de iluminação.

Com relação ao sistema de iluminação de ambientes escolares, a NBR ISO 8995-1 orienta a iluminância mantida de 300 lux para salas de aula, índice limite de ofuscamento unificado de 19 e índice de reprodução de cor mínimo de 80, recomendando-se que a iluminação do ambiente seja controlável (Quadro 3).

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, sala 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	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a <i>iluminação deve seja controlável</i> .
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 seção 4.10.
Laboratório lingüístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	

Quadro 3 – Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades, com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor

Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1: 2013.

2.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTUDOS DE ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS PÚBLICAS NO BRASIL E NO EXTERIOR

Nessa seção apresenta-se uma análise sobre publicações internacionais e brasileiras, com informações sobre principais objetivos, aspectos metodológicos e conclusões.

2.5.1 Principais Objetivos dessas Pesquisas

2.5.1.1 Publicações internacionais

Há décadas que as pesquisas internacionais, de um modo geral, preocupam-se com a questão da redução do consumo energético proveniente do uso excessivo de sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação artificial nas edificações (ANDERS, 2003; GHISI; TINKER, 2005; WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009; LI, 2010; IHM; NEMRY; KRARTI, 2009; LEE et al., 2013). Entretanto, trabalhos recentes retratam a preocupação com a qualidade do ambiente interno assim como atender às perspectivas e necessidades dos usuários do ambiente construído (NAZZAL, 2005; CARLUCCI et al., 2015; WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009). Tal preocupação com o conforto do usuário é reflexo de estudos sobre o impacto da luz sobre a saúde humana, que é capaz de exercer grande influência no corpo humano e no desempenho de atividades diversas (KÜLLER; LINDSTEN, 1992; GAETANO, 2002; GARROCHO, 2005). Há estudos que também priorizam soluções de dispositivos de sombreamento, geralmente com a utilização de sofisticados softwares para analisar o comportamento da luz natural no ambiente interno (FONSECA; PEREIRA; CLARO, 2008; INAN, 2013). Ademais, as pesquisas buscam atender a esses objetivos através da melhoria de ferramentas de captação de luz natural e a integração e otimização de sistemas de iluminação que sejam capazes de garantir o bem-estar do usuário.

Com relação aos ambientes escolares, pesquisa recente busca identificar o impacto do ambiente físico sala de aula no desempenho acadêmico do aluno (BARRETT et al., 2015).

2.5.1.2 Publicações brasileiras

Assim como nas publicações internacionais, as pesquisas brasileiras têm atentado para a eficiência energética das edificações, buscando a integração da luz

natural com o sistema de iluminação artificial (SOUZA, 2001; LAMBERTS; PEREIRA; DUTRA, 2004; MORAES; CLARO, 2013).

Com relação a ambientes escolares, são observados estudos relacionados com o desempenho luminoso de salas de aula e de tipologias de aberturas na edificação, objetivando a análise do potencial da luz natural nos ambientes interiores (BERTOLOTTI, 2007; DUARTE, 2013; FERREIRA; MORETTI, 2014). De acordo com Kowaltowski (2011), as pesquisas em iluminação natural em escolas, nos últimos anos, não se detiveram apenas na necessidade de encontrar um nível quantitativo ao desempenho das tarefas visuais, mas também buscaram entender os aspectos qualitativos da iluminação.

2.5.2 Principais Aspectos Metodológicos Adotados

2.5.2.1 Publicações internacionais

Dentre os procedimentos recorrentes nas pesquisas internacionais relacionadas com a iluminação no ambiente escolar, destacam-se: programas de simulação computacional, que avaliam o comportamento da luz em diversos tipos de cenários e condições de céu, tais como: ESP-r, Radiance, EnergyPlus, DOE-2.1, Troplux (GHISI; TINKER, 2005; LIM et al., 2012); uso de dispositivos de proteção solar e controle do uso de persianas (WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009; KIM et al., 2012); além de estudos de caso e aplicação de questionários com os usuários da edificação escolar (BARRETT et al., 2015).

2.5.2.2. Publicações brasileiras

No Brasil, as ferramentas metodológicas utilizadas em pesquisas relacionadas à iluminação consistem em: estudos de caso, métodos de Avaliação Pós-Ocupação (APOS) (ORNSTEIN; MARTINS, 1997; RHEINGANTZ; AZEVEDO, 2004); dispositivos de reflexão da luz para análise posterior dos dados coletados - como as prateleiras de luz (ROSIM, 2008); simulação computacional (MORAES; CLARO, 2013; FERREIRA; MORETTI, 2014) e análises documentais (plantas baixas, orientação solar, entre outros), que contribuem para a confiabilidade dos resultados finais obtidos. Kowaltowski (2011) apresenta como principais aspectos metodológicos para avaliação das condições do conforto visual em salas de aula os seguintes itens:

- existência de ofuscamento: horário, local e origem;

- condições atmosféricas: observar para cada horário, se o céu está claro, parcialmente encoberto ou encoberto;
- características das janelas: se há visão externa e tipo de vidro empregado;
- tipo de iluminação natural: lateral ou zenital;
- tipo de iluminação artificial: predomínio de lâmpadas fluorescentes ou incandescentes, se estão ligadas ou desligadas, posição do controle (acendimento) na sala ou fora dela;
- medições dos níveis de iluminância, realizadas com luxímetro, cujo sensor é colocado próximo às carteiras, mesa do professor e junto à lousa: é necessário que dados como localização das janelas, portas e lousa sejam localizados em planta baixa;
- medições das condições reais de uso, em relação à iluminação artificial.

2.5.3 Principais Conclusões Obtidas

2.5.3.1 Publicações internacionais

As conclusões obtidas pelas publicações internacionais indicam que a busca pelo correto dimensionamento da luz natural para a iluminação interior de edifícios vem sendo crescente, devido às preocupações recorrentes sobre eficiência energética assim como a preocupação atual com o bem estar do usuário (RUCK, 2006). O aumento pelo interesse no assunto está na crescente influência da certificação de edifícios, os chamados ‘selos verdes’, observados principalmente em países da América do Norte e Europa (SHARP et al., 2014; STANKOVIC; KOSTIC; POPOVIC, 2014). O progresso na área de tecnologia permitiu que controles integrados relacionados com sistemas de iluminação sejam capazes de gerar conforto e economia de energia de modo simultâneo.

Os resultados das pesquisas internacionais auxiliam os profissionais do ramo de iluminação a justificarem a importância do dimensionamento correto em um projeto de iluminação natural, a obterem dados precisos de ganho de luz solar, além do auxílio na tomada de decisões sobre qual tipo de estratégia e dispositivo de proteção solar utilizar em um determinado projeto.

Em pesquisa recente sobre iluminação em escolas do Reino Unido, Barrett et al. (2015) identificaram parâmetros do ambiente construído que influenciam no desempenho escolar do aluno, dos quais se destacam a luz, temperatura e qualidade do ar. O estudo também aponta a importância do controle de dispositivos de proteção

solar por parte dos usuários, permitindo que eles ajustem e adaptem o ambiente de um modo que permita obter a adequada condição de conforto.

2.5.3.2 Publicações brasileiras

É destacado nas pesquisas sobre iluminação de escolas brasileiras o déficit no aproveitamento da luz natural nas salas de aula. Pesquisas relacionadas com o tema indicam sistemas de iluminação falhos nos ambientes escolares (KOWALTOWSKI, 2011; OCHOA; ARAÚJO; SATTLER, 2012). A ausência ou o incorreto uso de dispositivos de proteção que redirecionem a luz natural acarreta baixo nível de iluminação (DIAS; GOMES; CABÚS, 2009) e gera ofuscamentos diretos, comprometendo a qualidade do conforto visual do usuário. Além disso, acarreta o superaquecimento nas salas de aula, gerando desconforto.

Para Kowaltowski (2011), os principais problemas detectados em avaliações de ambientes escolares com baixos níveis de iluminação são o mau funcionamento das lâmpadas, cortinas fechadas em condições de céu encoberto, baixa reflexão da luz pela pintura escura ou muito suja das paredes. Problemas relacionados com o ofuscamento, em alguns ou em todos os horários, insolação e claridade próxima às janelas são observados com muita frequência nas pesquisas das salas de aula brasileiras. A autora também constata a frequência do uso de vidros pintados de cor escura, acarretando mau aproveitamento da luz natural, ganho de calor solar e desumanização do ambiente, pelo bloqueio da visão do exterior. Outro problema está na falta de uniformidade da luz: do centro de uma sala de aula até a parede oposta às janelas, os níveis de iluminação são baixos e, no lado das janelas, o excesso de claridade afeta o conforto visual.

Ferreira e Moretti (2014) constataram que a utilização de janelas de formatos horizontais e com alta transmitância de luz apresentaram resultados significativos na captação de iluminação, quando localizadas em alturas de peitoril acima de 2,10m. Essas aberturas associadas a tetos de alta refletância apresentam uma maior uniformidade de iluminação nas salas de aula.

3. METODOLOGIA

3.1 INTRODUÇÃO

As pesquisas científicas buscam um objeto de estudo bem definido com aspectos de originalidade e coerência. Por sua vez, a metodologia é a responsável por estruturar todo o processo de pesquisa de modo sistêmico para que o pesquisador obtenha êxito naquilo que é proposto para a investigação.

Pesquisas cuja abordagem esteja relacionada com o estudo da iluminação e seus efeitos no ambiente construído possuem natureza aplicada e caráter exploratório, uma vez que são capazes de proporcionar uma visão geral do fato a ser investigado. Os procedimentos técnicos empregados podem ser diversos, dos quais destacam-se: pesquisa bibliográfica (consulta a livros, publicações, etc.); pesquisa documental (materiais cartográficos e arquivos particulares); pesquisa experimental (onde manipula-se diretamente as variáveis); estudos de caso (estudo profundo de poucos objetos de estudo, acreditando-se que sejam significativos); pesquisa de campo (observação de fatos e fenômenos espontaneamente). A utilização de amostras na pesquisa garante a representatividade de uma determinada população em estudo e é capaz de gerar índices estatísticos, contribuindo para a interpretação dos dados obtidos em campo e facilitando a tomada de decisões por parte do pesquisador.

As diretrizes e tomadas de decisão durante o planejamento e ao longo da pesquisa auxiliam na representatividade da amostra, na análise dos resultados e até mesmo no cumprimento do cronograma, consolidando o trabalho científico.

Assim, nesta dissertação, a pesquisa é de natureza aplicada (busca-se a obtenção de novos conhecimentos), tendo os objetivos caráter exploratório-explicativo, sob uma abordagem quali-quantitativa. Quanto aos procedimentos, recorre-se à pesquisa bibliográfica, documental e pesquisa de campo. Na fase de coleta de dados dos níveis de iluminância, a utilização de ferramentas estatísticas auxiliou na caracterização das salas de aulas estudadas.

3.1.1 A Importância da Metodologia Aplicada em Pesquisas de Iluminação no Ambiente Construído

Diversos autores já abordaram a importância da metodologia para a elaboração de pesquisas científicas. Marconi e Lakatos (2003) afirmam que a metodologia científica é iminentemente prática e apresenta instrumentos necessários

para a realização do trabalho de pesquisa. Maia (2008) ressalta que a metodologia leva o indivíduo a adquirir postura diante de si mesmo, o que é benéfico para sua vida profissional, econômica, social e culturalmente. Segundo Prodanov e Freitas (2013), os métodos desenvolvidos a partir de um elevado grau de abstração possibilitam ao pesquisador decidir acerca do alcance de sua investigação, das regras de explicação dos fatos, além da validade de suas generalizações.

Ademais, é através da metodologia que se pode expressar e afirmar posições, avaliadas dentro de um contexto de caráter científico e social.

Com relação aos estudos referentes à iluminação, as pesquisas, em sua maioria, são de natureza aplicada e de caráter exploratório – objetivando a obtenção de conhecimentos e de maiores informações sobre o tema em enfoque. Tal tendência se deve ao fato de a luz natural ser um fenômeno que possui características dinâmicas e de grande variabilidade, traduzindo seu comportamento instável nas diversas tipologias do ambiente construído sob análise. Mesmo em pesquisas relacionadas apenas com o estudo do sistema de iluminação artificial – o qual, teoricamente, seria um sistema com registros de iluminância padrão – fatores diversos podem influenciar no seu correto dimensionamento e funcionamento, fazendo com que pesquisadores tenham interesse na investigação sobre o tema.

O estudo do comportamento da iluminação sob os diferentes ângulos de pesquisa necessita de um planejamento prévio preciso, capaz de interligar os diversos processos que caracterizam o comportamento da luz no ambiente construído para a obtenção de resultados com elevado grau de confiabilidade.

O contato com documentos diversos, tais como materiais cartográficos e arquivos particulares da edificação em estudo são essenciais para a análise técnica da edificação, aliado ao conhecimento sobre localização geográfica, cartas solares e conceitos gerais sobre iluminação (Pesquisa Documental). O método de estudo de caso, quando aplicável, pode ser utilizado de forma deliberada, para se trabalhar com condições contextuais, acreditando-se que elas sejam significativas e pertinentes ao fenômeno estudado.

Na presente pesquisa, há o interesse em representar uma determinada população através de uma parte dessa, razão pela qual utiliza-se o recurso de amostragem para a observação dos fatos e obtenção de informações sobre o

problema (Pesquisa de Campo). Como se quis dar à pesquisa um caráter imparcial, a escolha do objeto de estudo se realizou de modo aleatório, com o auxílio de ferramentas estatísticas.

Assim, os métodos e técnicas selecionados para esta pesquisa foram estabelecidos para que se conseguisse contribuir para o contínuo estudo do comportamento da iluminação no ambiente construído.

3.2 METODOLOGIA APLICADA: A AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO EM ESCOLAS PÚBLICAS DAS SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS DE ENSINO (SRES) DE JUIZ DE FORA, PONTE NOVA E UBÁ, MG

O desenvolvimento do trabalho compreendeu as seguintes etapas:

- revisão bibliográfica;
- definição da área de abrangência do trabalho;
- identificação das características projetuais das escolas;
- mapeamento das salas de aula;
- malha de cálculo para levantamento lumínico;
- caracterização das salas de aula;
- medições lumínicas em duas etapas;
- compilação dos resultados.

3.2.1 Revisão Bibliográfica

Para a revisão bibliográfica, foram consultados livros, dissertações, teses e artigos científicos (nacionais e internacionais) para a elaboração da fundamentação teórica e da metodologia da pesquisa. Temas relacionados com o emprego da iluminação natural e artificial em ambientes escolares constituíram o foco da pesquisa.

3.2.2 Definição da Área de Abrangência do Trabalho

A avaliação da iluminação em escolas da rede de ensino pública requereu um procedimento metodológico aprofundado que permitisse representar a realidade do sistema de iluminação das escolas públicas de uma região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.

Inicialmente, foi realizado um trabalho do macro, o universo de escolas do Estado de Minas Gerais, para o micro, a definição das escolas a serem pesquisadas, com caráter representativo da região abordada.

De um universo de mais de 17.000 escolas (Tabela 1) no Estado de Minas Gerais, as ferramentas estatísticas foram imprescindíveis para a seleção aleatória do que seria objeto de estudo.

Tabela 1 – Total de Estabelecimentos por localização, segundo a Dependência Administrativa Minas Gerais – Novembro de 2014

Dependência Administrativa/Localização	Total
ESTADUAL	3.683
ZONA RURAL	334
ZONA URBANA SEDE DISTRITO	592
ZONA URBANA SEDE MUNICÍPIO	2.757
FEDERAL	57
ZONA RURAL	10
ZONA URBANA SEDE MUNICÍPIO	47
MUNICIPAL	9.295
ZONA RURAL	4.066
ZONA URBANA SEDE DISTRITO	803
ZONA URBANA SEDE MUNICÍPIO	4.426
PRIVADA	4.351
ZONA RURAL	39
ZONA URBANA SEDE DISTRITO	395
ZONA URBANA SEDE MUNICÍPIO	3.917
Total Geral	17.386

Fonte: Secretaria de Estado da Educação – Cadastro de Escolas, Novembro/2014.

O ponto primordial da pesquisa estava em analisar uma determinada tipologia de escolas que representasse de modo significativo uma região do estado. Outro objetivo estaria na total imparcialidade do pesquisador com relação às escolhas das escolas, reafirmando a necessidade do uso das ferramentas estatísticas para uma escolha aleatória de objetos de estudo.

Para o primeiro julgamento da pesquisa, o recorte destinado ao estudo de escolas públicas de Minas Gerais, foram obtidos dados das escolas do Estado de acordo com a divisão em estratos das Superintendências Regionais de Ensino (SREs).

As escolas municipais e estaduais do Estado de Minas Gerais são controladas pela Secretaria de Estado de Educação (SEE), responsável por planejar, dirigir e executar ações relativas à educação pública. Já as Superintendências Regionais de Ensino (SREs), por sua vez, exercem em nível regional ações de supervisão técnica, orientação normativa, cooperação e integração entre Estado e Município. De acordo

com a Secretaria de Educação de Minas Gerais, o Estado possui aproximadamente cinco milhões (4,84 milhões) de alunos na educação básica, 85% (4,1 milhões) em escolas públicas.

O segundo procedimento operacional delimitou as SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá como as regiões destinadas à pesquisa (Figura 11). A delimitação do estudo nessas SREs deve-se à proximidade entre elas, além de se tratar de um eixo de viabilidade técnico-financeira para o desenvolvimento da pesquisa. Devido à distância entre cidades das SREs selecionadas, o universo da pesquisa é caracterizado por duas estações bem definidas: seca (inverno) e chuvosa (verão) (ABREU, 1997; FERREIRA; NERY, 2002).

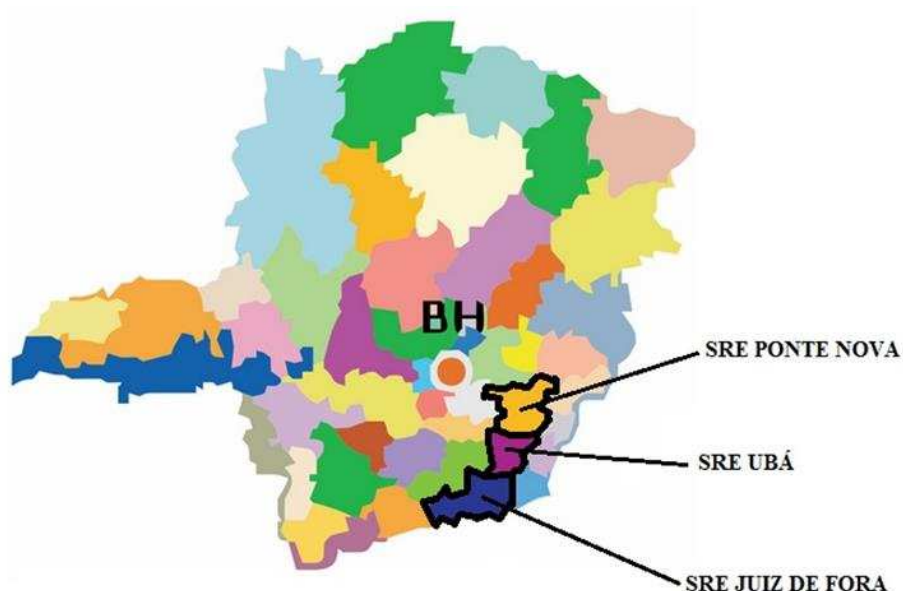


Figura 11 – Superintendências Regionais de Ensino de Minas Gerais
Fonte: Centro de Referência Virtual do Professor, 2015 (adaptado).

As três SREs analisadas fazem parte do Pólo Regional Mata, de acordo com a divisão elaborada pela Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. A SRE de Ponte Nova abrange os seguintes municípios: Abre Campo, Alvinópolis, Amparo do Serra, Araçuaia, Barra Longa, Cajuri, Canaã, Dom Silvério, Guaraciaba, Jequeri, Oratórios, Pedra Bonita, Pedra do Anta, Piedade de Ponte Nova, Ponte Nova, Porto Firme, Raul Soares, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, São Miguel do Anta, São Pedro dos Ferros, Sem Peixe, Sericita, Teixeira, Urucânia, Vermelho Novo e Viçosa. A cidade de Viçosa é destaque por ser um polo econômico, devido

principalmente à presença da Universidade Federal de Viçosa e seu potencial acadêmico e cultural (TIRADENTES, 2005).

A SRE de Ubá compreende os seguintes municípios: Astolfo Dutra, Brás Pires, Coimbra, Divinésia, Dona Euzébia, Dores do Turvo, Ervália, Guarani, Guidoal, Guiricema, Paula Cândido, Piraúba, Presidente Bernardes, Rio Pomba, Rodeiro, São Geraldo, Senador Firmino, Silveirânia, Tabuleiro, Tocantins, Ubá e Visconde do Rio Branco. A cidade de Ubá consolidou-se como polo moveleiro nacional.

A SRE de Juiz de Fora é constituída pelos municípios: Arantina, Belmiro Braga, Bicas, Bom Jardim de Minas, Chácara, Chiador, Coronel Pacheco, Descoberto, Ewbank da Câmara, Goianá, Guarará, Juiz de Fora, Lima Duarte, Mar de Espanha, Maripá de Minas, Matias Barbosa, Olaria, Pedro Teixeira, Pequeri, Piau, Rio Novo, Rio Preto, Rochedo de Minas, Santa Bárbara do Monte Verde, Santa Rita de Jacutinga, Santana do Deserto, Santos Dumont, São João Nepomuceno, Senador Cortes e Simão Pereira. A cidade de Juiz de Fora se destaca como principal polo econômico.

Também houve a decisão de que, para cada SRE, seriam analisadas uma escola estadual e uma escola municipal, todas contemplando o Ensino Fundamental completo (do 1º ao 9º anos), a fim de retratar com maior fidelidade o perfil das escolas das regiões em questão e abranger a etapa de ensino de suma importância no processo ensino-aprendizagem dos alunos. De acordo com a Secretaria de Estado da Educação, a rede pública estadual possuía em novembro de 2013, 3.686 escolas estaduais atendendo, segundo o EducaCenso/MEC, a 2.267.713 milhões de estudantes em todos os 853 municípios do Estado. Desse total de alunos, 1,3 milhão de alunos estavam matriculados no Ensino Fundamental.

Outro ponto foi a questão logística e viabilidade da pesquisa. Para isso, foram selecionadas escolas localizadas em zonas urbanas das SREs escolhidas.

Por fim, definiu-se a quantidade de salas pesquisadas em cada escola a partir dos dados disponíveis na Secretaria Estadual de Educação, sendo observado que a quantidade de escolas municipais das SREs em análise são aproximadamente o triplo das estaduais. Por outro lado, há uma tendência de haver nos municípios maior especialização de escolas municipais com poucas salas de aula e, ao mesmo tempo,

menos escolas estaduais que tendem a ter mais salas de aula que as escolas municipais. Sendo assim, adotou-se para o trabalho de campo que o número de salas a serem estudadas fosse igual nas municipais e estaduais. O Quadro 4 resume a tomada de decisão.

Tipologia/ SRE	SRE JUIZ DE FORA		SRE PONTE NOVA		SRE UBÁ		TOTAL	
	Nº de Escolas	Nº de Salas	Nº de Escolas	Nº de Salas	Nº de Escolas	Nº de Salas	Nº de Escolas	Nº de Salas
Municipal (M)	327	5	225	5	126	29	678	39
Estadual (E)	96	16	80	8	72	8	248	32
Somatório (Σ)	423	21	305	13	188	37	926	71
%	45,7	29,6	32,9	18,3	21,4	52,1	100	100
<p>Sendo: M (SRE-Juiz de Fora) = 5 salas = 45,7% M (SRE-Ponte Nova) = 3,6 salas = 32,9% M (SRE-Ubá) = 2,4 salas = 21,4% Então, 100% das salas correspondem a 11 salas de aulas. Adota-se:</p>								
M=E								
SRE JUIZ DE FORA				05 salas a serem investigadas				
SRE PONTE NOVA				04 salas a serem investigadas				
SRE UBÁ				03 salas a serem investigadas				

Quadro 4 – Quantidade de salas objeto de estudo por SRE
Fonte: Autor, 2014.

O passo seguinte esteve relacionado com a amostragem estratificada e amostragem aleatória simples, para o qual as escolas que atenderam aos pré-requisitos estipulados foram numeradas de modo aleatório (Tabela 2) e definidas a partir de uma Tabela de Números Aleatórios (Figura 12). Os pré-requisitos estipulados pela pesquisa consistiram em escolas estaduais e municipais, com ensino Fundamental completo e localizadas na zona urbana sede do município (ZUSM).

Tabela 2 – Exemplo de seleção de escolas por amostragem estratificada e numeração aleatória

Nome da Escola	Dependência Administrativa	Localização	Educação Infantil - Creche	Educação Infantil - Pré-Escola	Ensino Fundamental - Anos Iniciais - (1º ao 5º)	Ensino Fundamental - Anos Finais - (6º ao 9º)	Ensino Médio Regular	Ensino Médio Integrado	Ensino Médio Normal	Educação Profissional - Nível Técnico	EJA Fundamental	EJA Médio	EJA - Presencial	EJA - Semi-Presencial	EJA - Preparatório para Exames	Educação Especial (Exclusiva)
COLÉGIO TIRADENTES PMMG	E	zusM			E01	1	X									
EE ALI HALFELD	E	zusM			E02	2	X				X	X	X			
EE ALMIRANTE BARROSO	E	zusM			E03	3	X					X	X			
EE ANTÔNIO CARLOS	E	zusM			E04	4	X									
EE BATISTA DE OLIVEIRA	E	zusM			E05	5	X					X	X			
EE BERNARDO MASCARENHAS	E	zusM			E06	6										
EE CLORINDO BURNIER	E	zusM			E07	7	X					X	X			
EE CORNÉLIA FERREIRA LADEIRA	E	zusM			E08	8	X				X	X	X			
EE CORONEL ANTONIO ALVES TEIXEIRA	E	zusM			E09	9	X									
EE CORONEL MANUEL CARNEIRO DAS NEVES	E	zusM			E10	10	X									
EE DE BELMIRO BRAGA	E	zusM			E11	11	X									
EE DELFIM MOREIRA	E	zusM			E12	12	X			X		X	X			
EE DEPUTADO OLAVO COSTA	E	zusM			E13	13	X									
EE DUARTE DE ABREU	E	zusM			E14	14	X					X	X			
EE DUQUE DE CAXIAS	E	zusM			E15	15	X					X	X			
EE ESTEVÃO DE OLIVEIRA	E	zusM			E16	16	X									
EE FERNANDO LOBO	E	zusM			E17	17	X			X		X	X			
EE FRANCISCO BERNARDINO	E	zusM			E18	18	X					X	X			
EE HENRIQUE BURNIER	E	zusM			E19	19	X									
EE HERMENEGILDO VILAÇA	E	zusM			E20	20	X					X	X			

Fonte: Autor, 2014.

Tabela de Números Aleatórios

57	72	00	35	84	84	41	79	67	71	40	21	13	97	56	49	86	54	93	29	68	74	54	83	
28	80	53	51	59	93	98	87	58	70	27	71	77	17	32	78	62	16	74	69	65	17			
92	59	18	52	87	30	48	86	97	48	35	25	18	88	74	03	62	98	38	58	65	86	42	41	03
90	38	12	91	74	30	19	75	89	07	50	64	15	59	71	88	13	74	95	30	52	78	30	11	75
80	91	16	94	67	58	60	82	06	66	90	47	56	18	46	45	11	12	35	32	45	50	41	13	43
22	01	70	31	32	96	91	92	75	40	16	54	29	72	74	99	00	95	97	61	00	98	24	30	07
56	24	10	04	30	20	46	29	90	53	53	11	05	84	41	21	64	79	19	76	29	51	62	60	66
79	44	92	62	02	96	86	64	30	00	94	56	69	30	20	59	87	87	35	44	22	50	97	78	19
53	99	66	45	08	89	78	50	77	53	37	25	77	41	27	62	38	02	23	57	62	01	41	60	35
18	92	87	35	88	56	05	21	36	51	39	28	50	14	66	85	79	30	19	79	72	66	64	31	45
53	08	58	96	63	05	61	25	70	22	50	41	28	96	62	66	43	63	06	63	01	32	79	85	22
03	58	80	29	28	76	89	51	18	24	88	89	46	47	48	59	19	29	87	03	10	33	99	67	12
27	07	81	88	65	69	49	98	00	28	04	70	51	30	01	47	18	97	33	21	85	82	45	43	24
05	21	08	59	01	06	22	24	98	91	81	17	55	44	66	16	07	73	07	66	10	12	31	78	58
40	36	13	27	84	30	82	33	36	39	69	42	05	58	64	61	12	33	89	27	89	52	66	71	93
54	60	25	28	85	88	20	00	10	59	61	05	36	61	33	72	01	01	19	01	61	10	51	20	91
71	51	63	40	76	71	11	73	73	52	37	31	60	45	88	92	73	43	71	28	04	98	09	02	48
61	02	01	81	73	92	60	66	73	58	53	34	42	68	26	38	34	03	27	44	96	04	46	65	93
82	55	93	13	46	30	95	26	55	06	96	17	65	91	72	39	79	96	12	49	52	80	63	26	99
89	98	54	14	21	74	13	57	68	19	86	28	60	89	47	33	15	26	28	77	45	38	48	08	08
00	99	84	84	14	67	95	13	77	58	90	14	50	79	42	73	63	31	06	60	43	40	12	55	04
62	41	50	78	20	48	05	88	43	52	98	03	19	93	92	03	04	97	25	84	95	95	03	63	31
94	27	90	69	24	68	09	92	11	86	07	63	83	19	32	99	51	15	55	71	09	27	02	67	00
44	89	29	28	84	36	28	25	15	82	87	74	18	97	25	76	10	63	26	76	02	26	74	53	28
97	30	76	95	33	21	10	54	26	95	66	65	52	04	99	36	58	48	03	08	93	63	58	17	96
39	16	58	04	44	80	15	59	59	83	90	95	54	66	81	84	39	60	85	38	88	66	33	35	69
60	78	11	03	26	67	50	34	09	61	31	30	20	76	93	66	30	83	51	09	33	83	64	76	05
03	19	23	47	62	89	57	77	91	33	88	47	60	59	37	54	39	48	77	67	49	85	38	43	91
41	28	52	67	56	25	39	59	96	65	51	36	90	32	22	39	33	05	22	99	03	39	97	96	99
77	54	98	50	39	25	37	42	52	97	10	03	56	04	92	81	66	86	70	01	48	89	55	82	10
28	63	41	61	91	64	24	83	81	37	34	48	83	27	96	38	71	69	73	06	77	50	25	64	60
74	24	48	85	40	12	33	59	67	50	14	98	14	26	42	79	79	13	52	89	69	78	80	44	71
00	24	03	37	96	46	68	75	05	32	42	16	63	33	28	97	26	36	47	27	73	65	38	34	46
05	41	47	69	69	45	36	16	71	18	95	51	97	22	04	13	23	96	58	60	03	69	48	79	83
62	69	84	97	97	47	23	66	51	56	13	08	69	11	52	75	59	26	86	81	80	43	00	98	92

Figura 12 – Tabela de Números Aleatórios

Fonte: Disponível em: <<http://imageck.com/465356415-quando-se-usa-a-tabela-de-numeros-aleatorios-nao-deve-usar-numero.html>>. Acesso: março/2014.

Para cada SRE, foi determinada uma condição específica de seleção aleatória. A SRE de Juiz de Fora teve sua seleção baseada em: linhas horizontais, de baixo para cima, da direita para a esquerda, para a escola estadual; e, apenas quadrantes, de cima para baixo, da esquerda para a direita, para a escola municipal.

A SRE de Ponte Nova teve seu processo de seleção de escolas do seguinte modo: para a escolha da escola estadual, optou-se pelo método de seleção aleatória por colunas verticais, de cima para baixo, da esquerda para a direita; para a escola municipal, optou-se por colunas verticais, de baixo para cima, da direita para a esquerda.

Para a escolha da escola estadual da SRE de Ubá, foi considerada a seleção de escolas estaduais por linha horizontal, de cima para baixo e da esquerda para direita. Como a SRE possuía apenas uma escola municipal que atendia aos requisitos da pesquisa, de acordo com informações obtidas pela Secretaria de Estado de Educação,

a região teria uma única possibilidade de escola municipal para ser estudada. Entretanto, ao longo das etapas de amostragem, foi verificado que a instituição em questão não se enquadrava nos moldes requeridos pela pesquisa. A partir desse fato, fez-se necessário um novo julgamento: selecionada a única escola da SRE de Ubá que contemplasse o Ensino Fundamental do 6º ao 9º ano, de acordo com os dados da SEE, o passo seguinte foi o de localizar a escola municipal mais próxima, por questões logísticas, que oferecesse o ensino de 1º ao 5º ano do ensino fundamental.

As instituições selecionadas de modo aleatório e as distintas superintendências/secretarias de ensino foram contatadas para o pedido de autorização da pesquisa. Os dados sobre a instituição foram confirmados por meio de questionário enviado à direção acadêmica da instituição (Apêndice A). Com relação à aplicabilidade do questionário, fez-se necessário, na maioria dos casos, a realização de contato telefônico para assegurar o entendimento das questões por parte do entrevistado – ou até mesmo pela dificuldade de acesso a emails, em algumas situações. A utilização dos questionários foi válida para reafirmar e corrigir informações de dados previamente coletados através da Secretaria de Estado de Educação. A escola que não autorizou o estudo ou que não se adequou aos critérios da pesquisa foi descartada e, em seguida, o próximo número aleatório foi selecionado e assim sucessivamente.

A seguir, o resumo de todo o processo metodológico realizado para a obtenção dos objetos de estudo de modo aleatório e imparcial (Figura 13).

TIPO DE AMOSTRA	PROCEDIMENTOS
- Amostra não probabilística (Amostras intencionais)	1) Definição do objeto de estudo: escolas da rede de ensino pública de Minas Gerais; 2) Definição do recorte da pesquisa: escolas públicas das SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá; 3) Avaliação de 1 escola estadual e 1 escola municipal que tenham o Ensino Fundamental (1º ao 9º ano), em cada SRE; 4) Amostra contendo escolas estaduais e municipais da Zona Urbana; 5) Através de inferências, adotou-se o número de salas a serem investigadas em cada SRE: Juiz de Fora (05); Ponte Nova (04); Ubá (03).
- Amostra probabilística (Amostras aleatórias simples)	6) Definição das escolas a serem objetos de estudos.

Figura 13 – Resumo do processo metodológico utilizado para a seleção dos objetos de estudo
Fonte: Autor, 2014.

As escolas selecionadas por amostragem aleatória simples foram codificadas de modo a preservar o nome de cada instituição acerca dos dados levantados. A codificação foi realizada de acordo com a Figura 14.

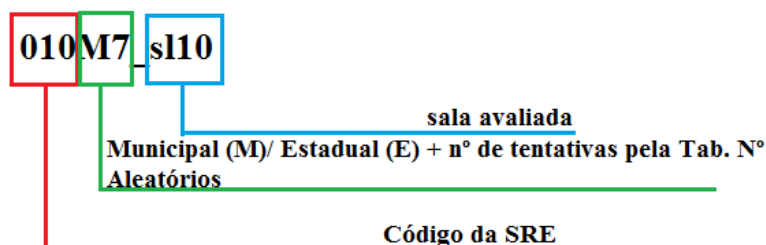


Figura 14 – Modelo de codificação das escolas avaliadas
Fonte: Autor, 2014.

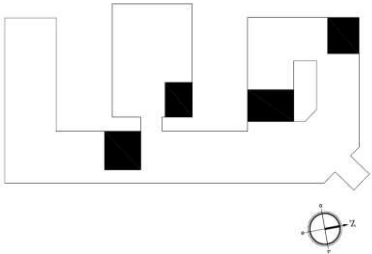
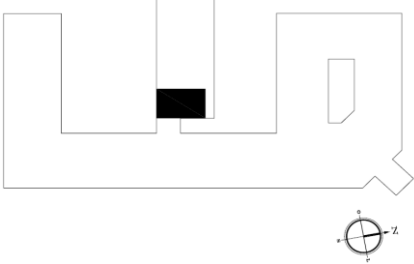
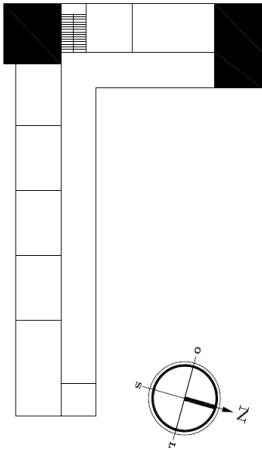
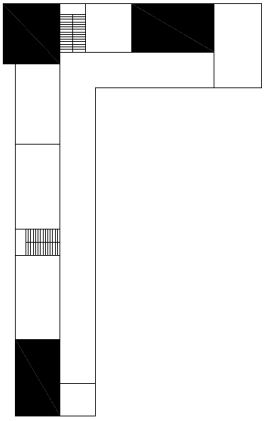
Feitos os contatos com as escolas, segundo a ordem estabelecida pela pesquisa, as instituições foram codificadas e tiveram suas localidades especificadas de acordo com as respectivas coordenadas geográficas e declinação magnética (Quadro 5).

SRE	CÓDIGO INSTITUIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
JUIZ DE FORA	010E7 Juiz de Fora	-21,74598°	-43,36462°	22,58°-0,38° 0,09°W por ano
	010M7 Juiz de Fora	-21,74426°	-43,34819°	22,58°-0,38° 0,09°W por ano
PONTE NOVA	020E6 Jequeri	-20,45263°	-42,66693°	22,92°-0,38° 0,08°W por ano
	020M2 Viçosa	-20,69921°	-42,86833°	22,84°-0,38° 0,09°W por ano
UBÁ	028E4 Ubá	-21,12306°	-42,94442°	22,78°-0,38° 0,09°W por ano
	028M2A Visconde do Rio Branco	-21,01628°	-42,83563°	22,82°-0,38° 0,09°W por ano
	028M2B Visconde do Rio Branco	-21,01314°	-42,83600°	22,82°-0,38° 0,09°W por ano

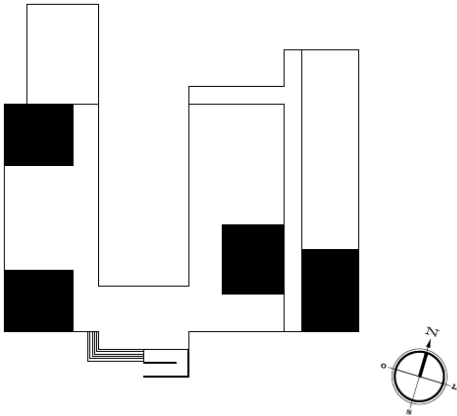
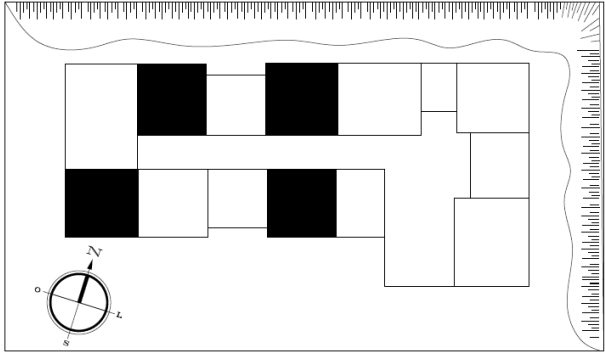
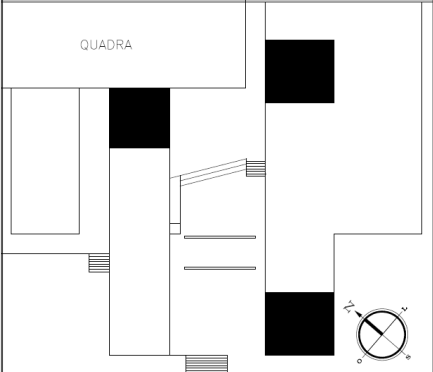
Quadro 5 – Codificação e localização das escolas que autorizaram a realização do estudo de iluminação
Fonte: Autor, 2014.

3.2.3 Identificação das Características Projetuais das Escolas

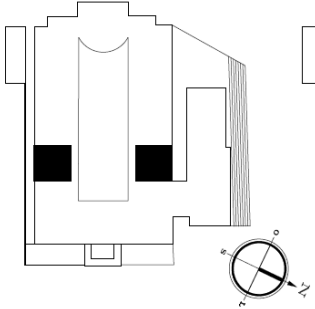
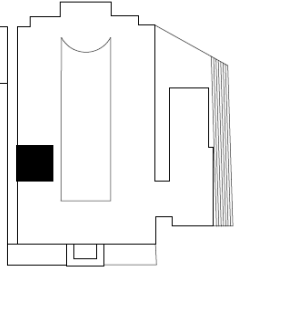
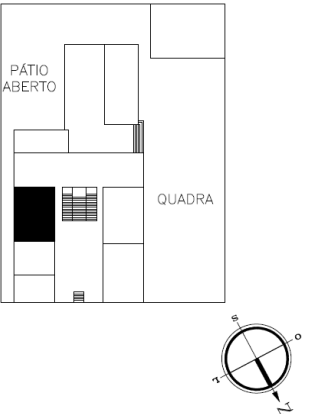
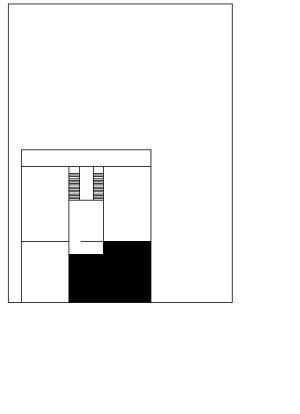
As escolas selecionadas para a pesquisa apresentam características distintas que foram sintetizadas no Quadro 6.

Dados gerais	Planta esquemática com salas analisadas
<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 010E7 • Data de fundação: 1909 • Número de pavimentos: 2 • Elementos externos de proteção solar: uma das salas pesquisadas possui toldo na cor verde escuro • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de abrir com 2 falhas com vidros pintados de verde escuro e venezianas em madeira. 	<p style="text-align: center;">Térreo</p>  <p style="text-align: center;">1º Pavimento</p> 
Dados gerais	Planta esquemática com salas analisadas
<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 010M7 • Data de fundação: 1971 • Número de pavimentos: 3 • Elementos externos de proteção solar: uma das salas pesquisadas possui toldo na cor verde escuro • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas tipo báscula vidro incolor/ cortinas em tecido cru. 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>2º Pavimento</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>3º Pavimento</p>  </div> </div>

Quadro 6 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas (continua)

<p>Código da instituição: 020E6 Data de fundação: 1936 Número de pavimentos: 1 Elementos externos de proteção solar: não possui Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de abrir com duas folhas (vidro incolor e venezianas em madeira). Obs.: as janelas da sala do novo anexo são de correr, com vidro incolor e lona (dispositivo improvisado).</p>	<p>Térreo</p> 
<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 020M2 • Data de fundação: 2008 • Número de pavimentos: 1 • Elementos externos de proteção solar: não possui • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de correr vidro incolor e cortinas em tecido cru. Uma das salas possui cortina do tipo blackout. 	<p>Térreo</p> 
<p>Dados gerais</p>	<p>Planta esquemática com salas analisadas</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 028E4 • Data de fundação: 1965 • Número de pavimentos: 1 • Elementos externos de proteção solar: não possui • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de correr vidro incolor e cortinas do tipo blackout. 	<p>Térreo</p> 

Quadro 7 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas (continua)

<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 028M2A • Data de fundação: 1947 • Número de pavimentos: 2 • Elementos externos de proteção solar: não possui • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de correr vidro incolor e cortinas do tipo blackout. 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Térreo</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>1º Pavimento</p>  </div> </div>
<ul style="list-style-type: none"> • Código da instituição: 028M2B • Data de fundação: 1914 • Número de pavimentos: 2 • Elementos externos de proteção solar: não possui • Tipo de janelas/ elementos internos de proteção solar: janelas de abrir com duas folhas (vidro incolor e venezianas em madeira). Cortinas em tecido marrom claro. 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1º Pavimento</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2º Pavimento</p>  </div> </div>

Quadro 8 – Caracterização geral das escolas e localização das salas estudadas
Fonte: Autor, 2015.

3.2.4 Mapeamento das Salas de Aulas

Definidas as vinte e sete salas de aula a serem estudadas nas instituições selecionadas foi realizado o mapeamento de todas elas para servir de auxílio na próxima etapa, a pesquisa de campo. Durante toda a etapa de definição dos objetos de estudo, a pesquisa bibliográfica e documental foi efetivada, perdurando até a conclusão da pesquisa.

Foram elaboradas planta baixa, planta baixa com leiaute, planta luminotécnica e planta com a locação de pontos de medição. A orientação geográfica local e a carta solar foram anexadas para futuras análises, conforme Figura 15.

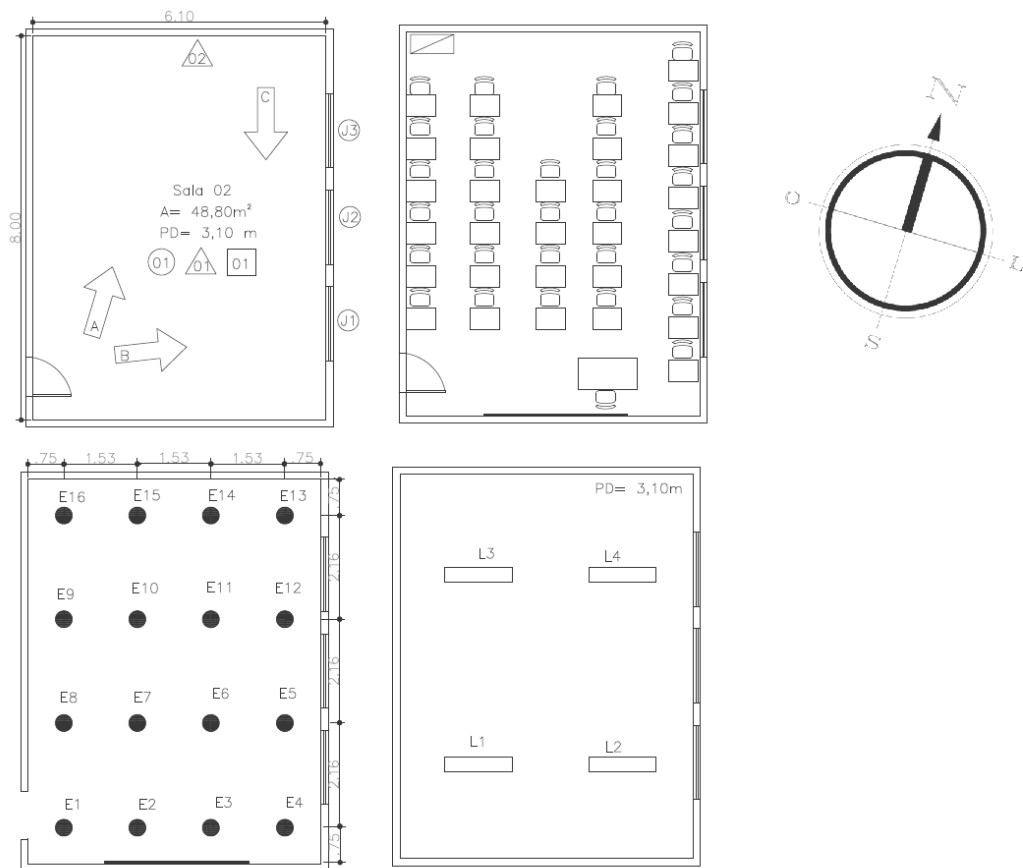


Figura 15 – Modelo de mapeamento de salas de aulas
 Fonte: Autor, 2014.

3.2.5 Grade para Levantamento Lumínico

Para a determinação da malha necessária para o levantamento das iluminâncias, os espaçamentos foram definidos de acordo com o a ABNT NBR ISO 8995-1. Foram 16 ou 25 pontos obtidos para a malha das salas de aulas – variando de acordo com as dimensões de comprimento dessas. Próximos às paredes, os pontos tinham a distância de 75cm. Demais pontos tiveram distâncias obtidas à partir da norma.

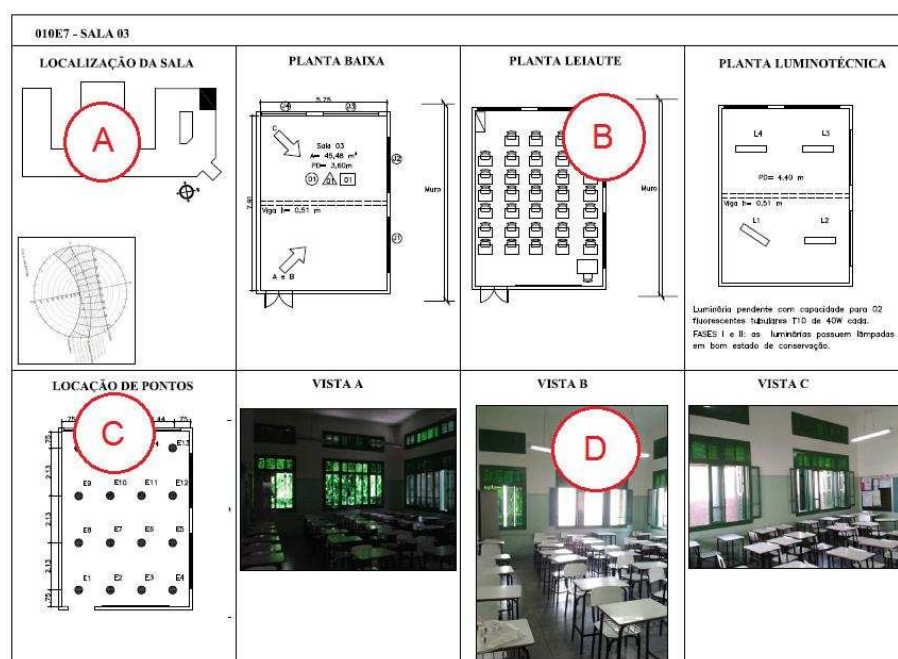
3.2.6 Caracterização das Salas de Aulas

As análises de iluminação das salas de aula pesquisadas tomaram como base a carta solar da cidade de Juiz de Fora, uma vez que a diferença de latitudes entre as escolas estudadas é de 1,3° e de longitudes é 0,7°. A ocorrência de fachadas com o mesmo azimute e a caracterização das salas de aulas analisadas foram sintetizadas de modo a resumir o processo de levantamento e análise de dados (Quadro 7 e Apêndice B).

De acordo com o Quadro 7, das vinte e sete salas de aulas estudadas, com um total de 36 fachadas, tem-se a ocorrência de:

- 6 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 0, correspondendo a 16,7% do total de salas de aulas avaliadas;
- 5 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 180, correspondendo a 13,9% do total de salas de aulas avaliadas;
- 6 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 90 e a 270, correspondendo a 16,7% do total de salas de aulas avaliadas cada;
- 5 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 135, correspondendo a 13,9% do total de salas de aulas avaliadas;
- 6 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 315, correspondendo a 16,7% do total de salas de aulas avaliadas;
- 2 fachadas com Azimute próximo ou equivalente a 45, correspondendo a 5,6% do total de salas de aulas avaliadas.

As vinte e sete salas de aulas analisadas foram caracterizadas de acordo com a Figura 16. Essa documentação encontra-se no Apêndice B.



- A Localização da sala de aulas
- B Plantas técnicas
- C Malha para medição luminica
- D Registros fotográficos

Figura 16 – Modelo de caracterização das salas de aulas
Fonte: Autor, 2014.

3.2.6.1 Instituição 010E7

- 010E7_sl03: sala de aula contendo duas paredes adjacentes com janelas nas fachadas Oeste e Norte, com vidros pintados de verde escuro, possuindo tanto nas folhas móveis quanto nas báculos altas fixas. O entorno imediato da sala é o pátio (fundos) e um muro lateral de 3m de altura, distante 2m da fachada Norte. Possui pé-direito de 3,60m, teto pintado de branco, paredes com pintura branca (dividida por uma faixa em tom de verde claro) e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui quatro luminárias pendentes, com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, todas as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010E7_sl07: sala de aula contendo duas paredes paralelas com janelas de vidro incolor e venezianas. As báculos altas são pintadas de verde escuro. O entorno imediato da sala são pátios abertos da instituição – sendo que, a fachada Sul possui à sua frente corredor aberto e coberto. Possui pé-direito de 4,42m, teto pintado de branco, paredes com pintura branca (dividida por uma faixa em tom de verde claro) e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias pendentes com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, todas as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010E7_sl 11: sala de aula contendo a parede de fachada Leste com janelas voltadas para um muro. As janelas possuem vidro incolor e venezianas e possuem toldos como dispositivo de proteção solar externo. As báculos altas, separadas das janelas, são pintadas de verde escuro. O entorno imediato da sala é um pátio (entrada da sala) e um muro lateral de 3m de altura a 2m de distância da fachada Leste. Possui pé-direito de 3,60m, teto pintado de branco, paredes com pintura branca (dividida por uma faixa em tom de verde claro) e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias pendentes, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, uma das lâmpadas da luminária dos fundos (L4) estava queimada.

- 010E7_sl 13: localizada no primeiro pavimento, a sala de aula possui uma parede com janelas voltadas para a cobertura de telhas cerâmicas do refeitório e uma parede paralela, com bacias altas, que ladeia o corredor de circulação do pavimento. As janelas com vista para o telhado possuem venezianas e vidros, ora pintados de verde escuro, ora translúcidos. A sala possui pé-direito de 3,60m, teto pintado de branco, paredes com pintura branca (dividida por uma faixa em tom de verde claro) e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 6 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, todas as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010E7_sl 16: localizada no térreo e próxima ao refeitório, a sala de aula possui uma parede com janelas na fachada Norte, voltadas para um pátio central. A porta da sala de aula é próxima a uma parede divisória que separa a sala do refeitório. As duas janelas da fachada Norte possuem venezianas e vidros, sendo a janela próxima à mesa do professor (J1) com vidros pintados de verde escuro e a janela dos fundos (J2) com vidro translúcido. A sala possui pé-direito de 3,60m, teto pintado de branco, paredes com pintura branca (dividida por uma faixa em tom de verde claro) e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, todas as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010M7_sl04: localizada no terceiro pavimento, a sala de aula possui janelas na fachada Sudoeste, voltada para o pátio de uma igreja e outra parede paralela com uma janela situada na fachada Nordeste, nos fundos da sala. As janelas são com vidro translúcido (algumas partes pintadas de cinza claro). A sala possui pé-direito de 3,15m, teto pintado de branco, paredes em tom de verde claro e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.

- 010M7_sl05: localizada no terceiro pavimento, a sala de aula possui janelas na fachada Sudoeste, voltada para a lateral da igreja. As janelas são com vidro translúcido (algumas partes pintadas de cinza claro). A sala possui pé-direito de 3,15m, teto pintado de branco, paredes em tom de verde claro e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010M7_sl07: localizada no terceiro pavimento, a sala de aula possui janelas somente na fachada Sudeste, voltada para rua de acesso à instituição. As janelas são com vidro translúcido (algumas partes pintadas de cinza claro), com toldos em tom verde escuro como dispositivos externos de proteção solar. A sala possui pé-direito de 3,15m, teto pintado de branco, paredes em tom de verde claro e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010M7_sl10: localizada no segundo pavimento, a sala de aula possui janelas na fachada Sudoeste, voltada para o pátio de uma igreja e na parede da fachada Nordeste. As janelas são com vidro translúcido (algumas partes pintadas de cinza claro) A sala possui pé-direito de 3,15m, teto pintado de branco, paredes em tom de verde claro e piso do tipo granilite. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 010M7_sl12: localizada no segundo pavimento, a sala de possui janelas na fachada Sudoeste, voltada para o muro com uma igreja. A distância entre as janelas e o muro é inferior a 1m e o muro possui altura de 6m. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 3,15m, teto pintado de branco, paredes em tom de verde claro e piso do tipo granilite. Devido à presença do muro lateral, a sala recebe pouca influência de iluminação natural, sendo dependente do sistema de

iluminação artificial. A pouca radiação solar direta que penetra na sala de aula incide na parte da tarde, durante todo o ano. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. As luminárias estavam distribuídas ora perpendicularmente, ora paralelas à fachada Sudoeste. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de teto. Nas duas fases de medição, uma das lâmpadas da luminária próxima à porta (L1) estava queimada.

3.2.6.2. Instituição 020E6

- 020E6_sl02: sala de contendo janelas na fachada Nordeste, compostas por uma folha de vidro incolor e outra folha de veneziana em madeira. A sala possui pé-direito de 3,10m, teto em forro de PVC branco, paredes em tom areia com faixa em marrom escuro de altura 1,50m e piso do tipo cerâmico bege. A parede oposta à lousa possui pintura em azul. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 1 lâmpada fluorescente tubular T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, uma das luminárias (L3) estava com a lâmpada queimada.
- 020E6_sl04: sala de aula contendo 6 janelas na fachada Sudeste, compostas por uma folha de vidro incolor e outra folha de veneziana em madeira. A sala possui pé-direito de 3,10m, teto em forro de PVC branco, paredes em tom areia com faixa em marrom escuro de altura 1,50m e piso do tipo cerâmico bege. A parede oposta à lousa possui pintura em azul. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 1 lâmpada fluorescente tubular T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 020E6_sl06: sala de aula contendo 3 janelas fachada Sudoeste, compostas por uma folha de vidro incolor e outra folha de veneziana em madeira. A sala possui pé-direito de 3,10m, teto em forro de PVC branco, paredes em tom areia com faixa em marrom escuro de altura 1,50m e piso do tipo cerâmico bege. A parede oposta à lousa possui pintura em azul. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 1 lâmpada fluorescente tubular T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto

dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.

- 020E6_sl10: sala de aula com janelas nas fachadas Sudoeste e Nordeste, compostas com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 3,10m, teto em pintura branca, paredes em tom areia com faixa em marrom escuro de altura 1,50m e piso do tipo cerâmico bege. A parede oposta à lousa possui pintura em azul. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala encontra-se em situação precária, possuindo apenas 2 luminárias de sobrepor, cada uma com 1 lâmpada fluorescente tubular T10 de 40W. Nas duas fases de medição, uma das luminárias estava com a lâmpada queimada. Interruptores acionam luminárias e ventiladores de parede.

3.2.6.3 Instituição 020M2

- 020M2_sl07: sala de aula contendo janelas na fachada Sudeste, voltada para o pátio da instituição. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 2,85m, teto pintado de branco, paredes em tom salmão com faixa em marrom escuro e piso do tipo cerâmico bege. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 020M2_sl06: sala de aula contendo janelas na fachada Noroeste, voltada para um talude gramado mais alto do que a própria edificação. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 2,85m, teto pintado de branco, paredes em tom salmão com faixa em marrom escuro e piso do tipo cerâmico bege. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.
- 020M2_sl04: sala de aula com janelas na fachada Noroeste, voltada para um talude gramado mais alto do que a própria edificação. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 2,85m, teto pintado de branco, paredes em tom salmão com faixa em marrom escuro e piso do tipo cerâmico bege. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o

acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as lâmpadas estavam em bom estado de conservação.

- 020M2_sl03: sala de aula com janelas na fachada Sudeste, voltada para o pátio da instituição. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 2,85m, teto pintado de branco, paredes em tom salmão com faixa em marrom escuro e piso do tipo cerâmico bege. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento tanto das luminárias quanto dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as luminárias próximas à lousa (L1 e L4) estavam com as lâmpadas queimadas.

3.2.6.4 Instituição 028E4

- 028E4_sl01: sala de aula com janelas na fachada Sudeste, voltada para o corredor de circulação de uma ala de salas de aula. Outra fachada em paralelo, Noroeste, possui básculas altas, as quais não foram levantadas. As janelas são com vidro incolor de. A sala possui pé-direito de 2,80m, teto pintado de branco, paredes em tijolo aparente pintado em tons terrosos escuros e piso do tipo cerâmico branco. A janela oposta à lousa tem vista parcial para uma área aberta. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 6 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, a maioria das luminárias estava com uma ou até mesmo com as duas lâmpadas queimadas.
- 028E4_sl05: sala de aula com janelas Sudeste, voltada para um parque aberto e a fachada paralela Noroeste possui básculas altas voltadas para o pátio aberto, que não foram levantadas. As janelas são com vidro incolor. A sala possui pé-direito de 2,80m, teto pintado de branco, paredes em tijolo aparente pintado em tons terrosos escuros e piso do tipo cerâmico branco. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 6 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, a maioria das luminárias estava com uma ou com as duas lâmpadas queimadas.
- 028E4_sl 10: sala de aula contendo a fachada Noroeste com janelas a 1 m de distância do muro (altura aproximada de 3m) na divisa do terreno e a fachada

Sudeste com uma bascula alta (não levantada) voltada para um corredor aberto e coberto. As janelas são com vidro. A sala possui pé-direito de 2,88m, teto pintado de branco, paredes pintadas de branco e piso do tipo cerâmico branco. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, duas luminárias estavam com uma ou com as duas lâmpadas queimadas.

3.2.6.5 Instituição 028M2A

- 028M2A_sl 01: sala de aula contendo a fachada Sudeste com janelas voltadas para um pequeno estacionamento lateral, próximo ao muro de divisa do terreno da instituição. As janelas são com vidro cancelado incolor. A sala possui pé-direito de 3,13m, teto pintado de branco, paredes pintadas de tom verde claro e piso do tipo cerâmico branco. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, duas luminárias estavam com uma ou as duas lâmpadas queimadas.
- 028M2A_sl 05: sala de aula contendo a fachada Noroeste com janelas voltadas para o bloco de salas de aula em dois pavimentos, anexo à instituição, que possui cobertura em telha de policarbonato translúcido. As janelas são com vidro cancelado incolor. A sala possui pé-direito de 3,13m, teto pintado de branco, paredes pintadas de tom verde claro e piso do tipo cerâmico branco. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, duas luminárias estavam com uma ou as duas lâmpadas queimadas.
- 028M2A_sl 09: sala de aula localizada acima da Sala 01 da instituição. As janelas são com vidro cancelado incolor. A sala possui pé-direito de 3,13m, teto pintado de branco, paredes pintadas de tom verde claro e piso do tipo cerâmico branco. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias de sobrepor com capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, as luminárias estavam em bom estado de conservação.

3.2.6.6 Instituição 028M2B

- 028M2B_sl 02: sala de aula com a fachada Sudeste contendo janelas próximas ao muro de divisa do terreno da instituição. As janelas, em guarnição de madeira e vidro incolor, não puderam ter suas dimensões levantadas devido à sua altura. A sala possui pé-direito de 3,80m, teto pintado de branco, paredes pintadas de branco com faixas em tom cinza claro e piso do tipo cerâmico marrom. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias pendentes, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Nas duas fases de medição, duas luminárias estavam com uma ou as duas lâmpadas queimadas.
- 028M2B_sl 06: sala de aula contendo a fachada Nordeste com aberturas com vista para a praça principal da cidade. As janelas, em guarnição de madeira e vidro incolor, não puderam ter suas dimensões levantadas devido à sua altura. A sala possui pé-direito de 3,80m, teto pintado de branco, paredes pintadas de branco com faixas em tom cinza claro e piso de tábua corrida. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 2 luminárias pendentes, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Na primeira fase de levantamento, as luminárias estavam em bom estado de conservação; na segunda fase, uma das luminárias estava com uma lâmpada queimada.
- 028M2B_sl 07: sala de aula contendo duas fachadas com janelas: nas da fachada Nordeste tem-se vista para a praça principal da cidade e a Noroeste (fundos da sala) permite vista para o pátio aberto da instituição. As janelas, em guarnição de madeira e vidro incolor não puderam ter suas dimensões levantadas devido a sua altura. A sala possui pé-direito de 3,80m, teto pintado de branco, paredes pintadas de branco com faixas em tom cinza claro e piso de tábua corrida. Com relação ao sistema de iluminação artificial, a sala possui 4 luminárias pendentes, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W. Interruptores permitem o acionamento das luminárias e dos ventiladores de parede. Na primeira fase de levantamento, as luminárias estavam em bom estado de conservação; na segunda fase, uma das luminárias estava com uma lâmpada queimada.

3.2.7 Medições Lumínicas

Os procedimentos metodológicos consistiram em medir os níveis de iluminâncias, observando-se o recomendado pela ABNT NBR ISO 8995-1.

As medições dos níveis de iluminância nas salas de aulas selecionadas ocorreram em duas fases: entre os períodos de 15 de julho a 27 de agosto de 2014 (Fase I) e entre os dias 27 de outubro a 02 de dezembro de 2014 (Fase II), durante os horários de aula (com a presença dos alunos) e de duas em duas horas (8, 10, 12, 14 e 16h). As análises consideraram: a utilização de iluminação artificial; a iluminância (em lux); a condição de uso de portas e janelas; a presença de dispositivos de proteção solares; condição de céu; a condição de sol; observações diversas durante o período de levantamento. As medições em cada escola foram realizadas em dois ou três dias, de acordo com variabilidade de condições de céu e de exposição à radiação solar e/ou de outras fontes luminantes. Também foram realizadas medições noturnas, após as 18h, com todas as portas, janelas e dispositivos fechados, de modo que quaisquer luzes externas não influenciassem no processo de medição.

Para a realização das medições foi utilizado um luxímetro digital portátil, marca Instrutherm, modelo LD-300 (Figura 17), calibrado.



Figura 17 – Luxímetro Instrutherm LD300
Fonte: Autor, 2015.

O levantamento dos níveis de iluminância nas salas de aulas foi feito com base no estabelecimento de uma malha com 16 ou 25 pontos. O luxímetro foi calibrado para apresentar uma sensibilidade espectral próxima à curva de sensibilidade do olho humano. O equipamento possui uma amplitude de escala entre 0 e 50.000 lux e sua precisão é de $\pm 5\%$.

A altura de coleta da iluminância foi de 75cm acima do piso, correspondente à altura do plano de trabalho dos alunos (carteiras). Houve o cuidado de evitar que a sombra do operador do luxímetro influísse nas medições.

Os dados levantados consideraram as condições normais de uso da sala de aula, posteriormente fixadas como condições padrão. Tais condições são estabelecidas no Apêndice B.

Concluído os levantamentos de campo, os resultados obtidos foram compilados, analisados e interpretados recorrendo-se a procedimentos analíticos de estatística descritiva.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos na etapa de pesquisa de campo foi organizada de acordo com os questionamentos que resultaram os objetivos específicos da dissertação. Tais dados foram organizados conforme indicado na Figura 18 e apresentados no Apêndice C.



Figura 18 – Modelo das análises individuais das salas de aulas
Fonte: Autor, 2015.

A pesquisa consistiu na investigação da qualidade da iluminação de escolas públicas das SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá – considerando fatores de desempenho lumínico e conforto visual.

Para atender ao objetivo geral da pesquisa, primeiramente foram identificadas as estratégias de iluminação utilizadas nas escolas avaliadas:

- todas as salas de aulas analisadas têm a iluminação lateral (janelas) como estratégia para captação de luz natural;

- nas escolas em que as janelas possuem venezianas, folhas da janela em madeira ou dispositivos de proteção solar opacos (como cortinas do tipo blackout e vidros pintados), a luz natural teve pouca contribuição no interior do ambiente, resultando na dependência contínua do sistema de iluminação artificial;
- das sete escolas avaliadas, cinco apresentaram problemas relacionados com a captação de luz natural devido a influência do entorno imediato: muros altos, presença de talude e edificações vizinhas próximos à fachada de janelas das salas de aulas, resultando na baixa contribuição de luz natural nos ambientes;
- com relação ao sistema de iluminação artificial, todas as instituições avaliadas apresentaram luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares, variando os modelos entre luminárias pendentes e de sobrepor à laje ou forro;
- posteriormente, analisando-se o posicionamento, a configuração e a função dos sistemas utilizados para a iluminação das salas de aulas, foi constatado:
- a localização das janelas em relação ao posicionamento das crianças em sala, 51% das salas de aulas avaliadas apresentaram a fachada de janelas à esquerda do aluno, o que se mostrou favorável em termos de iluminação para evitar sombras no ato da escrita (para a maioria direita); 7% possuem janelas em fachadas perpendiculares; 15% apresentaram iluminação bilateral, fachadas paralelas contendo janelas, mas a quantidade de janelas em um dos lados não é suficiente ou o entorno imediato não favorece a distribuição da luz no interior das salas;
- não foi observado nenhum tipo de padronização com relação ao dimensionamento e materiais empregados nas esquadrias, assim como nas alturas dos peitoris das janelas. Variam de 85cm a 1,33m;
- uma das instituições (010E7) apresentou áreas envidraçadas fixas em suas salas de aulas, as quais não cumprem a função de iluminação nem de ventilação, uma vez que tais esquadrias possuem vidros fixos e pintados (opacos), vedando totalmente a iluminação natural; em duas salas da instituição 010M7, foi identificada uma segunda fachada com janela que pouco contribui para a função de iluminação – e até mesmo de ventilação – do ambiente;
- com relação ao sistema de iluminação artificial, em 70,3% das salas de aulas avaliadas foi observado padronização com relação ao dimensionamento de luminárias nas salas de aulas: independentemente das dimensões das salas, a solução empregada consistiu em quatro luminárias, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W; as luminárias estão posicionadas paralelamente à

lousa e sua função, por vezes, é prejudicada devido à ausência de uma manutenção periódica;

- uma das funções das janelas é o fato de essas aberturas permitirem visão do céu para os usuários das salas de aulas; entretanto, em 29,6% das salas avaliadas isso não é possível, devido à presença de dispositivos de proteção solar (toldos), que vedam por completo a visão do céu, à presença de muros altos próximos à fachada de janelas ou o entorno imediato que impede a visibilidade por parte dos usuários do ambiente;
- a função primordial do sistema de iluminação artificial – que consiste em atender ao mínimo de iluminância adequado para a realização de atividades visuais, no caso 300 lux de acordo com a ABNT NBR ISO 8995-1 – foi de fato atendida apenas com o auxílio da iluminação natural em todos os casos avaliados;
- por fim, foram avaliados os níveis de iluminância das salas de aulas, de modo a verificar se tais níveis estariam de acordo com o mínimo estipulado pela ABNT NBR ISO 8995-1. Foram avaliadas a iluminação natural, a artificial e ambas atuando de modo simultâneo:
- os níveis de iluminância natural observados foram maiores em pontos de medição próximos às janelas, decaindo à medida que cada ponto analisado se afastava das aberturas; a desuniformidade acentuada de iluminância se deveu à presença de dispositivos de proteção solar nas condições normais de uso das salas de aulas; a instituição 010M7 apresentou uma das salas com níveis de iluminância natural médio de apenas 18 lux, ou seja, a luz natural nessa sala é desprezível, prejudicando a realização de atividades visuais e não permitindo que os usuários do ambiente tenham noção de tempo e espaço, tornando o ambiente desestimulante;
- analisando a iluminância artificial (E_{art}), separadamente, 100% das salas de aulas selecionadas apresentaram níveis de iluminância médio abaixo do recomendado pela ABNT NBR ISO 8995-1 (300 lux), com iluminâncias médias variando de 58,4 a 299,7 lux;
- ao associar a iluminância natural com artificial, tem-se a iluminância combinada (E_{comb}), em que 77,7% das salas avaliadas apresentaram níveis de iluminância médio satisfatórios. Entretanto, mesmo com E_{comb} atingindo níveis adequados de iluminância para a realização de tarefas visuais, a não uniformidade de iluminância no interior das salas de aulas foi observado em 81,4% das situações avaliadas,

comprometendo a qualidade da iluminação oferecida aos alunos no que se refere ao conforto visual.

As análises e considerações individuais sobre a qualidade da iluminação de cada sala de aulas estão apresentadas no Apêndice C. Dentre as conclusões parciais obtidas, a análise de dados verificou problemas nos espaços analisados – que compreendem situações relacionadas com elementos arquitetônicos (dimensionamento das salas, layout, entorno imediato e relação da fachada de janelas com a orientação solar); incorreta utilização de dispositivos de proteção solar e falhas projetuais de luminotecnica – seja pelo dimensionamento incorreto de luminárias ou pela falta de manutenção das mesmas.

5. CONCLUSÃO

O papel da luz na caracterização do ambiente escolar implica no seu correto dimensionamento para gerar uma iluminação funcional ideal para a realização de atividades relacionadas com o processo de ensino-aprendizado do aluno. Os principais critérios a serem levados em consideração na avaliação do conforto visual numa edificação são: a iluminação natural e artificial com os níveis de iluminância necessários, a influência da insolação, a uniformidade da distribuição da luz no interior do ambiente, o contato visual com o exterior e as características das superfícies (tais como cor, refletância, textura etc.).

Em ambientes escolares, o estudo da iluminação natural tem despertado o interesse de diversos pesquisadores da área de iluminação:

- no âmbito internacional, as pesquisas estão relacionadas em atender as perspectivas e necessidades do usuário e prever a redução no consumo de energia oriundo da utilização contínua de sistema de iluminação artificial. As pesquisas internacionais revelam inúmeros benefícios que a luz natural exerce sobre o corpo humano, além de investigarem como a luz é capaz de influenciar no desempenho durante a realização de atividades diversas;
- para o universo das escolas brasileiras, as pesquisas buscam trazer recomendações para a melhoria do desempenho térmico e luminoso das salas de aula mediante o aproveitamento da luz natural, o uso de cores reflexivas e o uso de dispositivos de proteção solar que passam a controlar a passagem da luz externa para o interior dos ambientes.

Em síntese, enquanto as pesquisas internacionais buscam soluções tecnológicas avançadas para proverem ao máximo os benefícios gerados pela luz natural nas edificações escolares (a maioria das pesquisas é proveniente de países desenvolvidos do Hemisfério Norte, cuja incidência solar é mais baixa em relação a países do Hemisfério Sul). As pesquisas brasileiras, por sua vez, demonstram inclinação para soluções que corrijam falhas projetuais e auxiliem, por sua vez, no melhoramento do desempenho lumínico das salas de aula, uma vez que o país possui um histórico de padronização de projetos escolares.

Tendo em vista a relevância e abrangência do tema, o presente trabalho analisou a configuração e os níveis de iluminância de salas de aula de escolas públicas das Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e

Ubá (MG), selecionadas por amostragem aleatória simples. Do obtido sobre as condições de iluminação nas escolas estudadas, pôde-se inferir um panorama sobre a qualidade da iluminação oferecida aos alunos de escolas estaduais e municipais da região, para fins de obter desempenho lumínico e conforto visual. A fim de tornar representativa a amostra dessas escolas públicas, partiu-se do fato de que a quantidade de escolas analisadas foi definida por amostragem não probabilística intencional, que uma escola estadual e uma municipal seriam avaliadas em cada SRE e que a quantidade de salas estipuladas para levantamento lumínico em cada escola seria baseado na análise estatística descritiva de 10 salas de aulas para a SRE de Juiz de Fora, 8 salas para a SRE de Ponte Nova e 9 salas para a SRE de Ubá. Totalizando 7 escolas e 27 salas de aula, a pesquisa, apoiando-se em estatísticas descritivas dos níveis de iluminância constantes na ABNT NBR ISO 8995-1, permitiu uma caracterização dos espaços de salas de aulas relativamente aos sistemas de iluminação disponíveis para seus usuários, retratando-se, assim, a realidade para atividades visuais dos ambientes de salas de aulas nas SREs de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, no Estado de Minas Gerais.

Quanto aos questionamentos relacionados com a problemática da pesquisa, o presente trabalho investigou os meios utilizados para fins de iluminação em salas de aulas de escolas públicas, observando-se três conceitos-chave que delineiam os aspectos arquitetônico-constructivos do ambiente construído: sintomatologia (constatações e análises de sintomas patológicos da edificação), etiologia (causas e efeitos que a patologia das anomalias da edificação) e terapêutica (possíveis reparos para garantir a qualidade de requisitos para a edificação).

Com base nesses conceitos, constatou-se que as soluções técnicas empregadas nos prédios de escolas públicas avaliadas (sintomatologia), quanto ao uso do recurso da luz, utilizam a iluminação lateral, para captação de luz natural e o dimensionamento padrão de luminárias para o sistema de iluminação artificial, não tendo sido apropriadamente considerados fatores como configuração das esquadrias, dimensões e altura de pé-direito das salas de aulas. A presença de dispositivos de proteção solar, em alguns dos casos avaliados, bloqueia por completo a incidência de luz externa para o interior das salas de aulas, impedindo a possibilidade do uso da luz do dia para fins de desempenho lumínico e conforto visual na realização das atividades escolares.

Tais constatações resultam no baixo desempenho lumínico, na ineficácia do sistema de iluminação artificial – quando analisado de modo individual – além da desuniformidade de iluminância no interior das salas de aulas. Outro aspecto relacionado com o conforto visual e bem-estar do usuário está relacionado com a visão de céu que, em alguns casos, foi ignorada na fase de concepção do projeto arquitetônico (etiologia).

Dentre as soluções projetuais avaliadas, conclui-se que as escolas da região compreendida pelas Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá apresentam falhas projetuais e ou construtivas que prejudicam a qualidade da iluminação das salas de aulas (terapêutica). Seja na concepção do projeto arquitetônico ou em soluções técnicas aplicadas no ambiente construído, a pesquisa comprovou que a iluminação dos espaços destinados ao ensino-aprendizado dos alunos do Ensino Fundamental da rede pública está precária, necessitando de reavaliação técnica para que os usuários dos espaços estudados não tenham sua saúde e o desempenho escolar comprometidos.

A implantação das escolas públicas analisadas segue o padrão de orientação entre com o Eixo Sudoeste-Nordeste. Entretanto, devido a configuração espacial de cada instituição, as salas de aula são orientadas de modo não padronizado, o que resulta em diferentes aspectos técnico-arquitetônicos que foram avaliados - consideração da dinâmica da luz natural nos ambientes, assim como a avaliação luminotécnica do sistema de iluminação artificial de cada sala de aula.

Em todas as análises realizadas foram identificadas situações que compreenderam problemas técnico-construtivos, incorreta utilização de dispositivos de proteção solar e/ou falha no sistema de iluminação artificial. Com relação aos problemas técnico-construtivos verificados, situações envolvendo o dimensionamento das salas, o leiaute, o entorno imediato e a orientação solar foram verificadas; a análise da utilização de dispositivos de proteção solar evidenciam que os dispositivos internos aplicados nos ambientes não são eficientes nem tampouco eficazes; por fim, as falhas relacionadas com o sistema de iluminação artificial englobam variáveis que passam pelo dimensionamento incorreto do sistema, pela falta de manutenção periódica para troca de lâmpadas e a níveis insuficientes de iluminância para a realização de tarefas visuais, com desuniformidade de iluminância entre os pontos levantados.

Do universo analisado, 100% das salas de aulas apresentaram falhas relacionadas com projeto arquitetônico, de luminotecnia ou com o emprego incorreto de dispositivos de proteção solar: 62,9% apresentaram erros projetuais arquitetônicos que influenciam na captação de luz natural para o interior da sala de aulas; 92,5% apresentaram falhas relacionadas ao projeto de luminotecnia, tornando as atividades visuais mais difíceis de serem realizadas, e 40,7% das salas avaliadas utilizam de modo incorreto os dispositivos de proteção solar, instalados para bloquear a radiação solar direta que geram carga térmica excessiva no ambiente, tornando-o dependente da luz artificial.

Analisando a função das esquadrias na obtenção e dimensionamento da luz natural, foi observado que o posicionamento e a configuração das janelas não priorizam a redução de incidência de raios solares diretos nem tampouco a orientação solar mais favorável para a realização de atividades visuais. O posicionamento da maioria das janelas estudadas se adequou ao programa de necessidades e à implantação de cada escola – com exceção da instituição 028M2B, que posicionou de forma adequada as aberturas de suas salas de aula. As janelas analisadas que possuíam vidros pintados como possível solução contra radiação direta perderam sua função primordial (captação de luz) e se tornaram um incômodo para os seus usuários, termoluminicamente.

Quando foram observadas duas fachadas de janelas em paralelo, constatou-se que a fachada que possuía o menor número de janelas ou que nela tivessem inseridas bacias altas, contribuía minimamente para a captação de luz natural e não atendia a função de ventilação.

Ainda que observados agrupamentos de salas de aulas com a mesma orientação geográfica, não há uma relação entre tais grupos com os níveis de iluminância obtidos em campo, assim como não existe relação entre os problemas referentes à iluminação encontrados com SREs específicas ou mesmo com a data de fundação das escolas avaliadas. Entretanto, a frequência de problemas relacionados com a qualidade da iluminação nos ambientes escolares avaliados foi constante, afirmando o caráter significativo da pesquisa, uma vez que condições precárias de iluminação podem comprometer as atividades visuais dos estudantes das SREs avaliadas.

Tais constatações reafirmam a importância do correto dimensionamento do sistema de iluminação na fase de concepção projetual, para se obter conforto ambiental para os usuários, além de ser sempre oportuno reiterar que a qualidade do ensino está diretamente relacionada com a qualidade do ambiente que é oferecida aos alunos, assegurando-lhes requisitos de conforto visual, térmico e acústico que contribuam para promover o seu desenvolvimento intelectual, social e cultural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de convergência do Atlântico Sul. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, 1997. 108. Disponível em: <http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/6_2_17_22_Abreu.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 8995-1 – Iluminação de Ambientes de Trabalho. 2013.

AZEVEDO, G. A. N. **Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista**. 2002. 236 f. Tese. (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STTEMERS, K. **Daylighting in architecture** – a European reference book. Commission of the European Communities, Directorate – General XII for Science Research and Development, London: James & James Ltd., 1993.

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, p. 118 e 133, 2015.

BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. São Paulo: [s.n.], 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Básicos de Infra-Estrutura para instituições de Educação Infantil**. Brasília / DF, 2006.

CARLUCCI, S.; CAUSONE, F.; DE ROSA, F.; PAGLIANO, L. **A review of índices 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.

CARVALHO, I. C. Linha Histórica da arquitetura escolar no Brasil. In: _____. **Projeto Arquitetônico Escolar: uma proposta voltada à Educação Ambiental**. Pará: [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://germinai.wordpress.com/textos-classicos-sobre-educacao/linha-historica-da-arquitetura-escolar-do-brasil/>>. Acesso em: 03 maio 2015.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15 ed. [Rio de Janeiro]: LTC, 2007.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

DIAS, A. F. A.; GOMES, V. A.; CABÚS, R. C. **Componentes de controle de luz natural em salas de aula e seu desempenho conforme a orientação solar do edifício**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2009.

DOGNIAUX, R. Daylighting in Architecture: Factor in the quality of light. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ARCHITECTURE, 1987, Munich, Germany. **Proceedings...** Munich: [s.n.], 1987. p. 661-666.

DUARTE, R. K. Arquitetura e educação: construções de projetos escolares voltados à educação infantil. In: XI ENCONTRO DE PESQUISADORES DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO – CURRÍCULO DA PUC–SP, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.]. 2013.

DUDEK, M. **Architecture of schools: the new learning environments**. Great Britain: Architectural Press, 2000.

DUNN, R.; KRIMSKY, J. S.; MURRAY, J. B.; QUINN, P. J. Light up their lives: a research on the effects of lighting on children's achievement and behaviour. **The Reading Teacher**, [S.l.] v. 38: p. 863– 69, 1985.

EN 12665. **Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements**. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization, 2011.

FERREIRA, A. F; MELLO, M. G. **Arquitetura Escolar Paulista: Estruturas Pré-Fabricadas**. São Paulo: FDE, IMESP, 2006.

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. p. 208-221. Disponível em: <<http://www.usjt.br/arq.urb/numero-11/14-dilson-batista.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2015

FERREIRA, J. H. D.; NERY, J. T. Análise de componentes principais da precipitação do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu, **Anais...** Disponível em: <<http://www.cbmet.com/edicoes.php?cgid=11>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

FONSECA, R. W. **A influência das reflexões internas como contribuição da iluminação natural no ambiente construído: Comportamento Ambiental e Eficiência Energética das Edificações**. 2007. 167f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FONSECA, R. W.; PEREIRA, F. O., R., CLARO, A. 682: A study on Daylighting internally reflected component - correlation between theoretical and real architectural models. In PLEA 2008 – 25TH CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2008. Dublin. **Proceedings...** Dublin: [s.n.], 2008, p.1-6. Disponível em: <http://architecture.ucd.ie/Paul/PLEA2008/content/papers/poster/PLEA_FinalPaper_ref_682.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

GAETANO, A.. **Fondamenti di benessere termoigrometrico per la progettazione e la gestione de impianto di condizionamento**. 4 ed. Napoles: CUEN, 2002, p.13.

GARROCHO, J. S. **Luz natural e projeto de arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras**. 2005. 117f. Dissertação (Mestrado em

Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

GHISI, E.; TINKER, J. A. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. **Building and Environment**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 51-61, jan. 2005.

GIACOBBO, J. **Estudos de caso comparativo entre normas de iluminação: NBR 5413 e NBR ISO 8995-1**. 2014. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GRAÇA, V. 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**, [S.l.] v. 42, p. 984-999, 2007.

HESCHONG, L.; WRITE, L. R.; OKURA, S. Daylighting impacts on human performance in school. **J. Hum. Eng. Soc.**, [S.l.] v. 31. p. 101–17, 2002

HOPKINSON R. G.; LONGMORE, J.; MURRAY GRAHAM, A. Simplified daylight table. **Nat. Building Studies**, London: HMSO, n. 26, 1958.

IESNA. **The lighting handbook**. 9 ed. New York (USA): Illuminating Engineering Society of North America. 2000.

IHM, P.; NEMRI, A; KRARTI, M. Estimation of lighting energy savings from daylighting, **Building and Environment**, [S.l.] v. 44, n. 3, p. 509-514, 2009.

INAN, T. An investigation on daylighting performance in educational institutions. **Structural Survey**, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 121–138, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme – Daylighting in buildings: a source book on daylighting systems and components**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.

KILIC, D. K.; HASIRCI, D. Daylighting Concepts for University Libraries and Their Influences on Users' Satisfaction. **The Journal of Academic Librarianship**, [S.l.], v. 37, n. 6, p. 471–479, 2011.

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. **Arquitetura Escolar – O projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. [ISBN: 9788579750113]

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; DELIBERADOR, M. S. O programa arquitetônico no processo de projeto: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. In: SALGADO, M. S.; RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A. N; SILVOSO, M. M. (Orgs.). **Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem**. Rio de Janeiro: UFRJ; ANTAC, 2012, p. 1-23.

Disponível em: <<http://www.dkowaltowski.net/wp-content/uploads/2014/07/O-programa-arquitetonico-SBQP-2012.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Humanization in architecture**: analysis of themes through high school building problems. 1980. Ph.D. Thesis – University of California, Berkeley, 1980.

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

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. 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.

LEE, W.; JUNG, H. J.; PARK, J. Y.; LEE, J. B.; YOON, Y. Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements, **Renewable Energy**, [S.l.], v. 50, p. 522-531, 2013.

LI, D. H. W. A review of daylight illuminance determinations and energy implications. **Applied Energy**, [S.l.], v. 87, n. 7, p. 2109-2118, 2010.

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.

MAIA, R. T. A importância da disciplina de metodologia científica no desenvolvimento de produções acadêmicas de qualidade no nível superior. **Revista Urutágua**, Maringá. n. 14, p. 1–8, dez.07/jan./fev./mar.2008.

MAJOROS, A. **Daylighting**. PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland. Edited by S.V.Szokolay, 1998.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 1999.
_____. Iluminação e arquitetura: sua evolução através do tempo. **Vitruvius**, São Paulo, ano 6, n. 63, set. 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>>. Acesso em: 28 ago. 2010.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado da Educação. Cadastro de Escolas. Disponível em: < <https://www.educacao.mg.gov.br/parceiro/lista-de-escolas> >. Acesso em: 02 mar. 2014.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 1993.

MOORE, F. **Concepts and Practice of Architectural Daylighting**. 2 ed. Nova York: Van Nostrand Reinhold Co., 1991.

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.

NAZZAL, A. A. A new evaluation method for daylight discomfort glare. **International Journal of Industrial Ergonomics** 35, 295-306 (2005).

NETO, E. P. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. **Análise do conforto ambiental em salas de aula**: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 91-114, 2012.

OLIVEIRA, A. M. S. R. **Desenhar a luz – A luz natural como matéria prima na composição arquitetônica**. Coimbra: [s.n.], 2009.

ORNSTEIN, S. W.; MARTINS, C. A. Arquitetura, manutenção e segurança de ambientes escolares: um estudo aplicativo de APO. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, p. 7-18, 1997. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3308/1795>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

PEREIRA, F. O. R. Curso de Iluminação Natural no Ambiente Construído. In: III ENCONTRO NACIONAL E I LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: [s.n.], 1995.

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. (CD-ROM).

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, A. T. da L.; LAY, M. C. D. **Avaliação da qualidade de projetos – uma abordagem perceptiva e cognitiva**. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 21-34, jul./set. 2006.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A. N. **Avaliação de Desempenho**. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2004 (Texto didático).

ROBBINS, C. L. **Daylighting, design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. 325 p.

ROSIM, C. A. **Comportamento de prateleira de luz em modelo físico sob céu real na cidade de Campinas, SP**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

RUCK, N. C. International Energy Agency's Solar Heating and Cooling Task 31, 'Daylighting Buildings in the 21st Century'. **Energy and Buildings**, 2006; 38:718-720.

SÁTYRO, N.; SOARES, S. **A infraestrutura das escolas brasileiras de ensino fundamental**: um estudo com base nos censos escolares de 1997 a 2005. Brasília, 2007.

SHARP, F.; LINDSEY, D.; DOLS, J.; COKER, J. The use and environmental impact of daylighting. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 462-471, 2014

SOUZA, M. A. S. Arquitetura eficiente e o uso de energia. Mais Suplemento. In: **Mais Arquitetura**. São Paulo, jul. 2001.

SPINNER, J. Bright light, brighter students. **Consulting-Specifying Engineer**, [S.l.], v. 47, n. 7, p. 6, set. 2010.

STANKOVIC, B.; KOSTIC, A.; POPOVIC, M. J. Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems – Guidelines for application in Serbian building practice. **Energy for Sustainable Development**, v.19, p. 56-65, 2014.

TIRADENTES, L. Lugar, paisagem e turismo na microrregião de Viçosa. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GEOGRAFIA, PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO DO MEIO AMBIENTE, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina, [s.n.], 2005. 16p.

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

WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. Lighting and discomfort in the classroom. **Journal of Environmental Psychology**, v. 29, p.63–75, 2009.

WU, W.; NG, E. A review of the development of daylighting in schools. **Lighting Res. Technol.** v. 35, n .2, p. 111–125, 2013.

ZEIZEL, V. **Inquiry by design** – tools for environment behavior research. California: Cambridge University Press, 1981.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DE ESCOLAS PESQUISADAS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



SRE:

INSTITUIÇÃO DE ENSINO:

ENDEREÇO:

TELEFONE:

EMAIL:

DIRETOR RESPONSÁVEL:

Este questionário é parte integrante da dissertação de Mestrado de Juliana Mara B. Menezes, orientada pelo professor Dr. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, Universidade Federal de Viçosa. Tem como finalidade analisar a iluminação natural em ambientes escolares, com ênfase nas salas de aula. Solicito, portanto, sua gentil participação no sentido de colaborar com esta pesquisa que visa a identificar e apresentar melhores soluções quanto à qualidade da iluminação no interior desses ambientes. Esse questionário é de uso e acesso restrito à pesquisadora.

Preencher e assinalar com um 'x' a(s) opção(ões) que melhor caracteriza(m) as salas de aula da instituição de ensino:

1) A escola abrange as seguintes modalidades de ensino:

- Educação Infantil – creche
- Ensino Fundamental – 1º ao 5º ano
- Ensino Fundamental – 6º ao 9º ano
- Ensino Médio
- Outros.

2) Quantas salas de aula a instituição possui em sua totalidade?

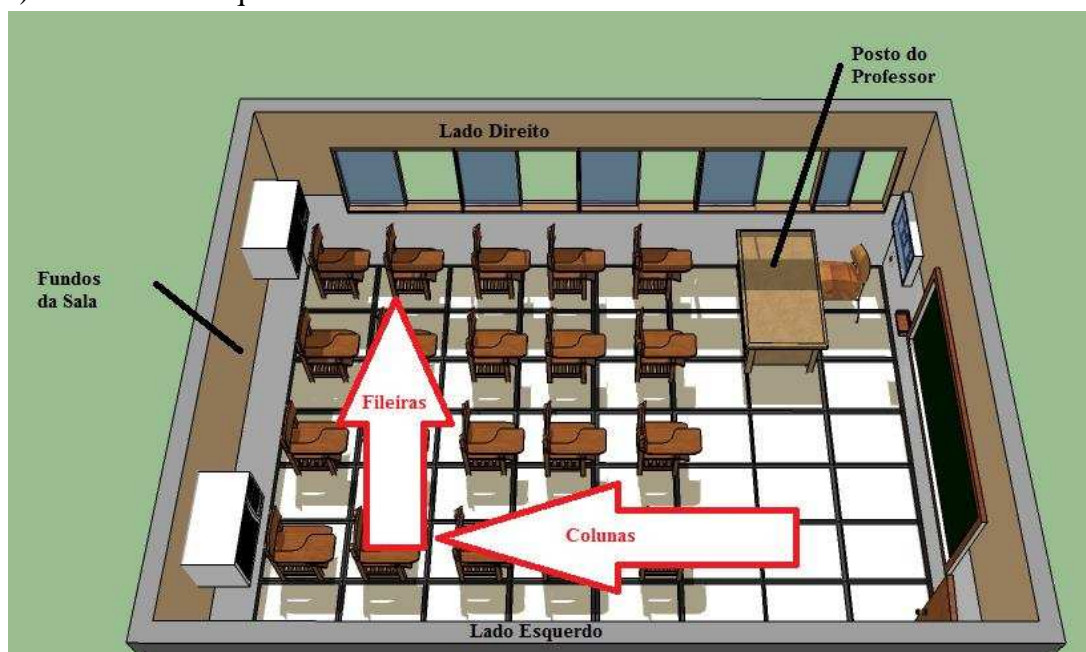
.....

3) Escrever no quadro a seguir a quantidade de salas utilizadas e a capacidade de alunos por sala, por modalidade e por turno na escola.

Ex.: A escola oferece Educação Infantil no período vespertino em 03 salas, sendo **02** salas com capacidade de **15** alunos e **01** sala com capacidade de **10** alunos.

Modalidade \ Turno	Matutino	Vespertino	Noturno
Educação Infantil		2 x 15 + 1x 10	
Ensino Fundamental - 1º a 5º			
Ensino Fundamental - 6º a 9º			
Ensino Médio			
Outros: _____			

4) Considere o esquema abaixo:



Legenda:

- Posto do Professor: onde se localiza a mesa do professor
- Lado Direito e Esquerdo: com relação à direita e a esquerda do Posto do professor
- Fundos: fundos da sala de aula
- Colunas: Carteiras dispostas em linha reta, à frente do Posto do professor
- Fileiras: Carteiras dispostas lado a lado, com relação ao Posto do professor

Completar a tabela abaixo com as devidas quantidades de fileiras e colunas e em quantas salas essa distribuição se repete. Na coluna 'Posição das janelas', marcar com um 'x' a localização da janela nas salas de aula.

Ex.: Simplificando o desenho anterior, a escola possui **05** salas com o seguinte arranjo físico: **04** colunas e **04** fileiras. Todas as janelas se situam na **Lateral Direita** das salas de aula.

Salas		Posição das Janelas		
Colunas x Fileiras	Quantidade de Salas	Lateral direita	Lateral esquerda	Fundos
04 x 04	05	x		

5) Com relação às janelas das salas de aula, assinale com um 'x' a(s) opção(ões) que melhor as caracterizam:

Possuem vidro:

() incolor/transparente; () translúcido; () pintado na cor _____

Possuem: () grades internas; () grades externas; () venezianas

As esquadrias das janelas são de: () madeira. Cor: _____

() alumínio. Cor: _____

() ferro. Cor: _____

6) Considerando que o PEITORIL de uma janela é a parte da parede entre o piso e a base inferior da janela (VIDE ILUSTRAÇÃO), pode-se afirmar que as janelas das salas de aulas:

() Possuem peitoril abaixo das carteiras;

() Possuem peitoril um pouco acima das carteiras;

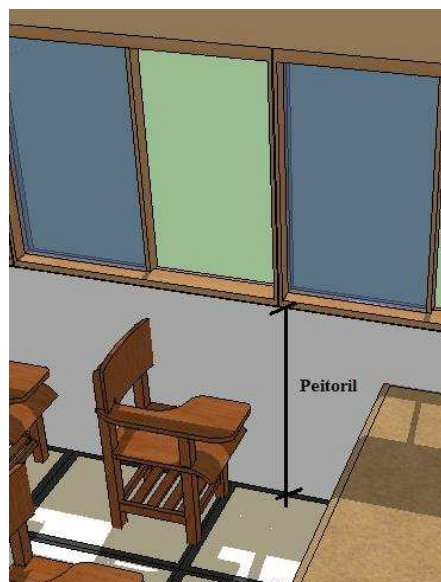
() Possuem peitoril mais alto.

7) A iluminação artificial é utilizada durante qual(is) turno (s)?

() Matutino

() Vespertino

() Noturno



Agradecemos pela atenção e colaboração!

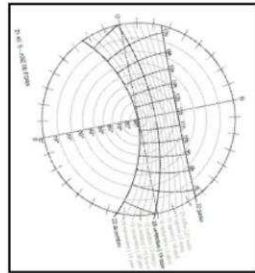
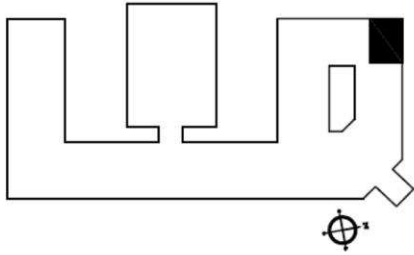
APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DAS SALAS DE AULAS

LEGENDA APÊNDICE B

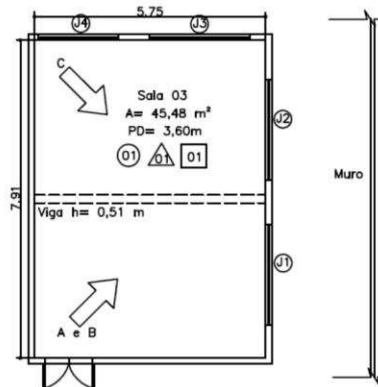
QUADRO DE MATERIAIS		ACABAMENTOS: ○ PISO △ PAREDE □ TETO	
010E7	<p>○1 PISO GRANILITE CINZA CLARO 1X 1M</p> <p>△1 PINTURA VERDE CLARO (ATÉ 1,5 M) E BRANCO (ACIMA DE 1,5 M ATÉ O TETO)</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>	010M7	<p>○1 PISO GRANILITE CINZA ESCURO 1X 1M</p> <p>△1 AZULEJO BEGE CLARO(ATÉ 1,5 M) E PINTURA VERDE CLARO(ACIMA DE 1,5 M ATÉ O TETO)</p> <p>□1 VIGAS VERDE CLARO E TETO PINTURA BRANCO GELO TEXTURIZADO</p>
020M2	<p>○1 PISO CERÂMICO BEGE CLARO 45X45 CM</p> <p>△1 PINTURA MARROM ESCURO (ATE 1,0 M) E PINTURA SALMÃO (ACIMA DE 1,0 M ATÉ O TETO)</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>	028E4	<p>○1 PISO CERÂMICO BEGE CLARO 45X 45 cm</p> <p>△1 PAREDE DE TIJOLO APARENTE VERMELHO TERRA</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>
028M2B	<p>○1 PISO CERÂMICO BRANCO 45X45 CM</p> <p>○2 TABUA CORRIDA TOM MARROM ESCURO</p> <p>△1 PINTURA EM CINZA CLARO(ATÉ 1,5 M) E BRANCO GELO (ACIMA DE 1,5 M ATÉ O TETO)</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>	020E6	<p>○1 PISO CERÂMICO MARROM ESCURO 45X45 CM</p> <p>△1 PINTURA BEGE ESCURO(ATÉ 1,5 M) E PINTURA BEGE CLARO(ACIMA DE 1,5 M ATÉ O TETO)</p> <p>△2 PINTURA AZUL</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>
		028M2A	<p>○1 PISO CERÂMICO BRANCO 45X45 CM</p> <p>△1 PINTURA BRANCO GELO</p> <p>□1 PINTURA BRANCO GELO</p>

010E7 - SALA 03

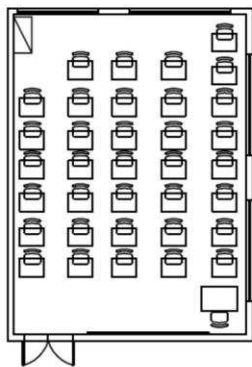
LOCALIZAÇÃO SALA



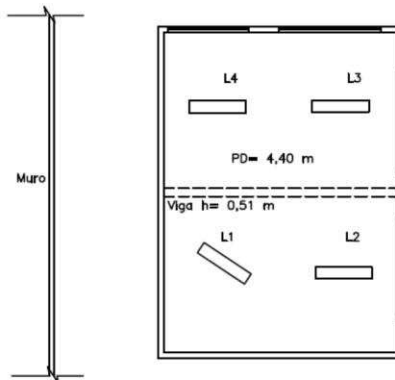
PLANTA BAIXA



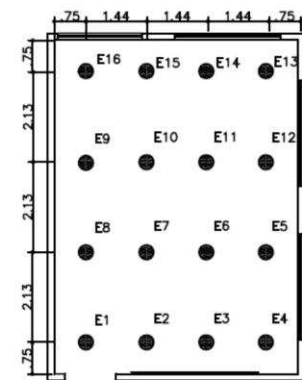
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

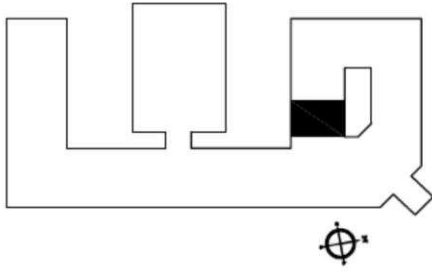


VISTA C

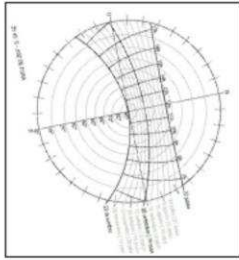
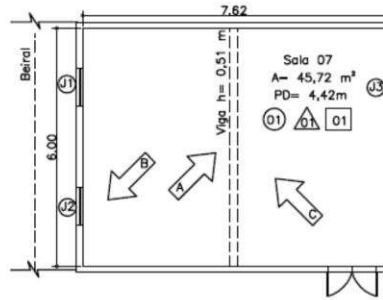


010E7 - SALA 07

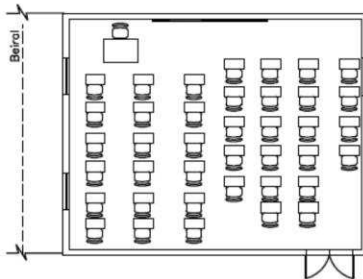
LOCALIZAÇÃO SALA



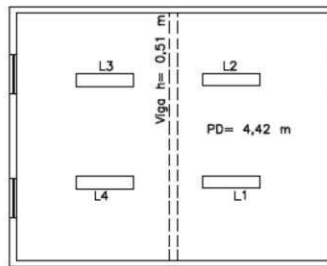
PLANTA BAIXA



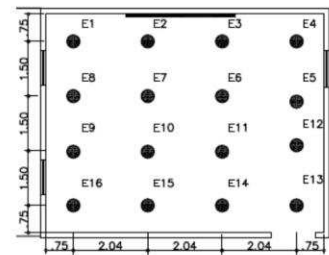
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

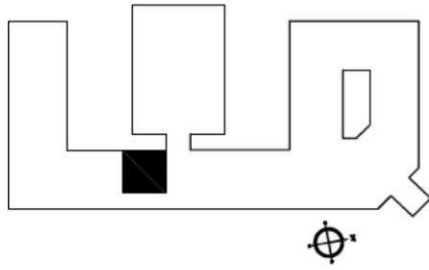


VISTA C

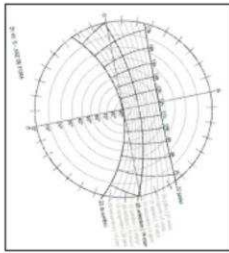
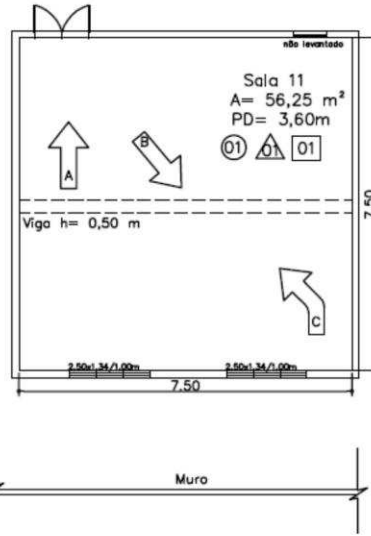


010E7 - SALA 11

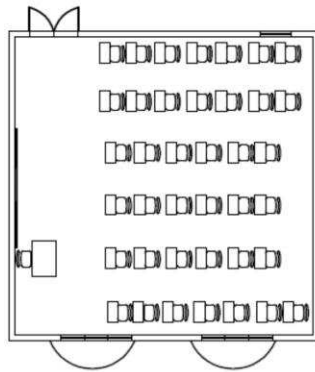
LOCALIZAÇÃO SALA



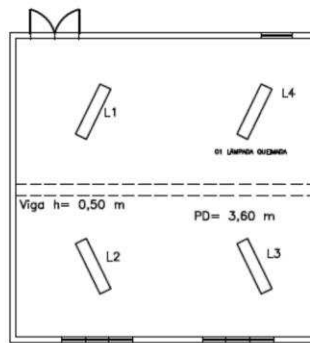
PLANTA BAIXA



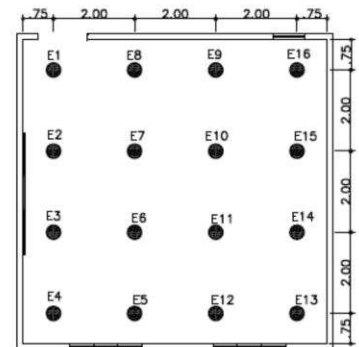
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



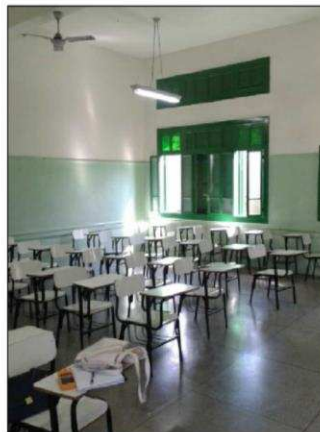
Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASE I: L4 com 01 lâmpada queimada.
FASE II: L4 com 01 lâmpada queimada.



VISTA A



VISTA B

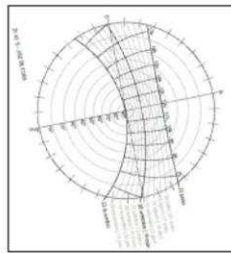
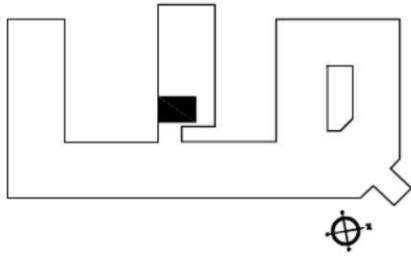


VISTA C

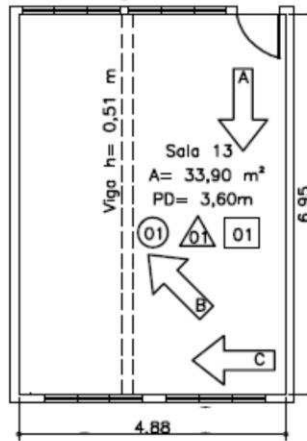


010E7 - SALA 13

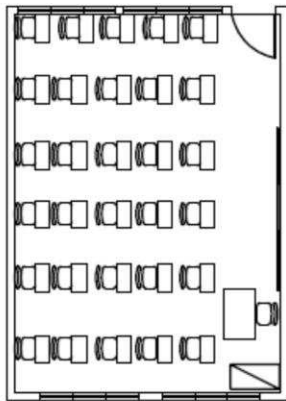
LOCALIZAÇÃO SALA



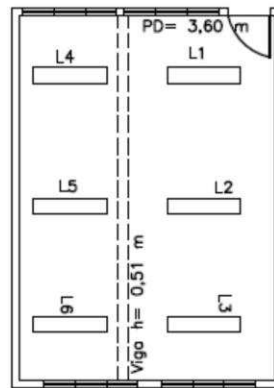
PLANTA BAIXA



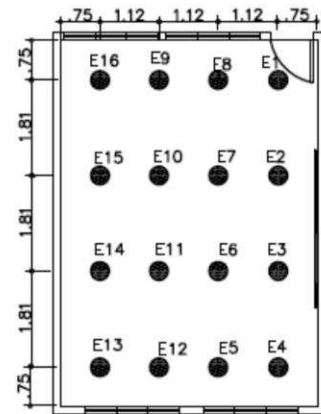
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCALÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

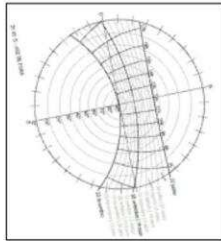
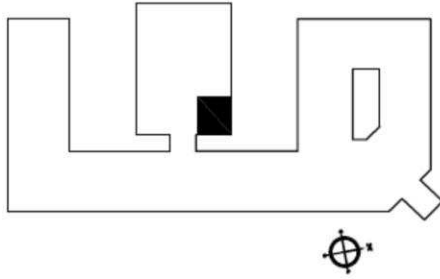


VISTA C

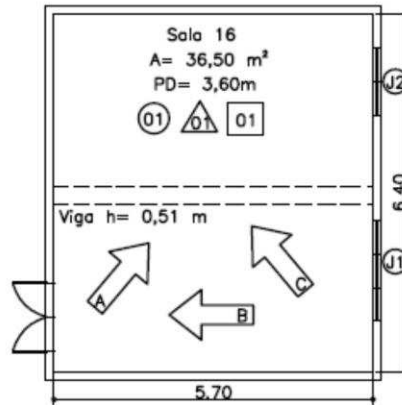


010E7 - SALA 16

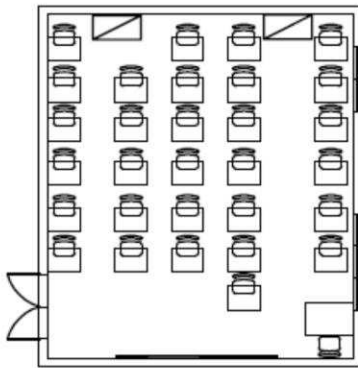
LOCALIZAÇÃO SALA



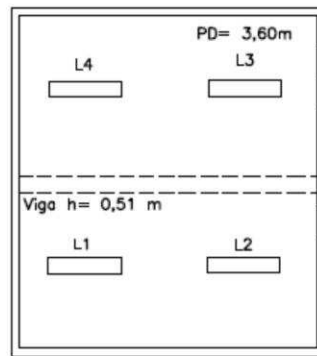
PLANTA BAIXA



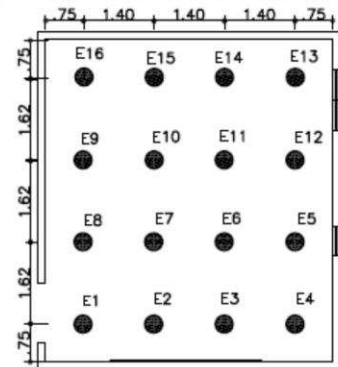
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCALIZAÇÃO DE PONTOS



Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

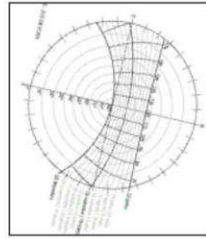
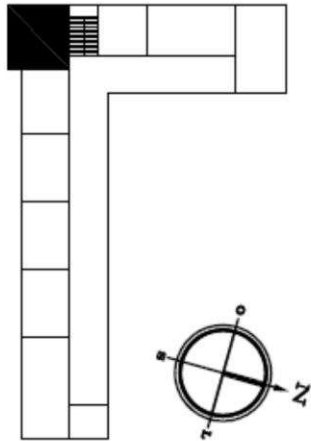


VISTA C

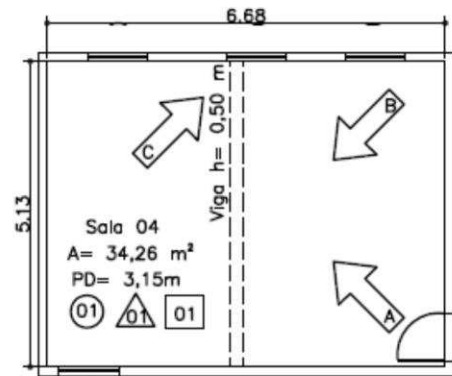


010M7 - SALA 04

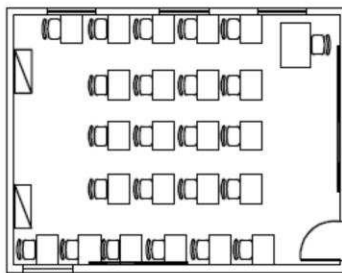
LOCALIZAÇÃO SALA



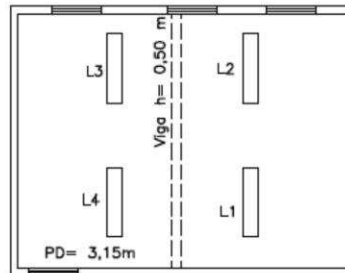
PLANTA BAIXA



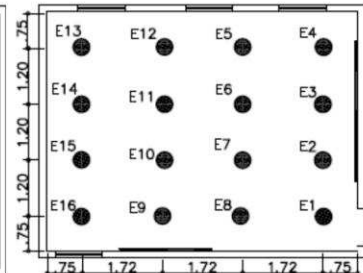
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

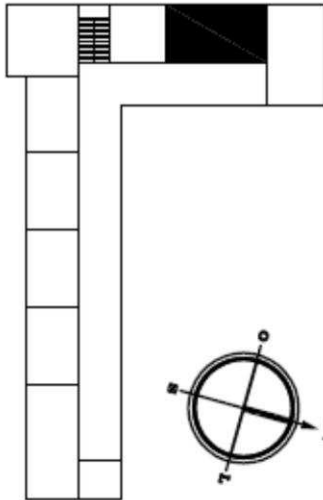


VISTA C

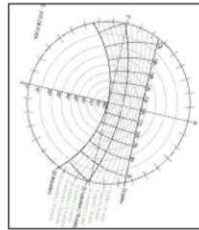
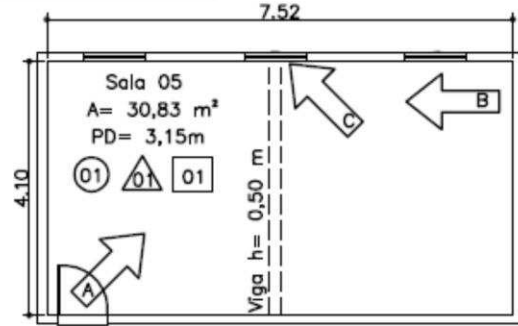


010M7 - SALA 05

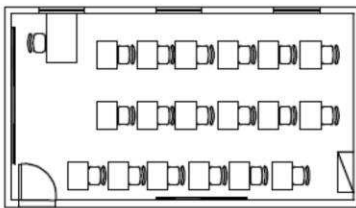
LOCALIZAÇÃO SALA



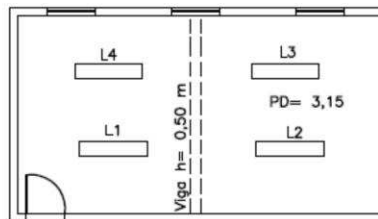
PLANTA BAIXA



PLANTA LEIAUTE

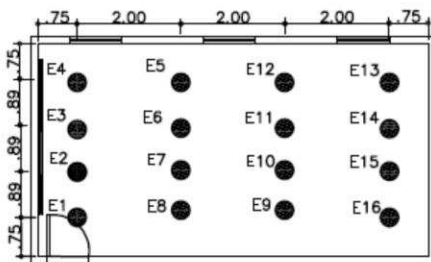


PLANTA LUMINOTÉCNICA



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

LOCAÇÃO DE PONTOS



VISTA A



VISTA B

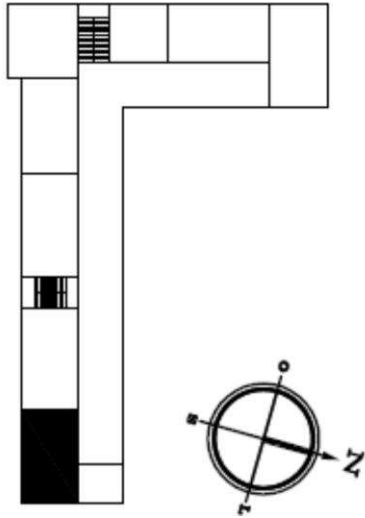


VISTA C

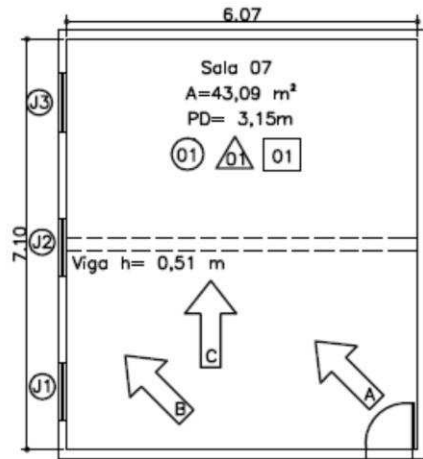


010M7 - SALA 07

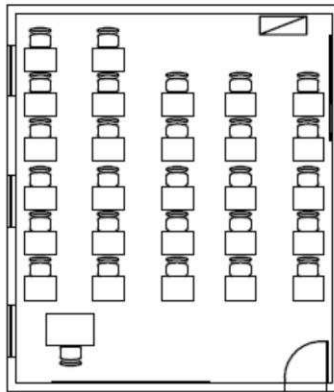
LOCALIZAÇÃO SALA



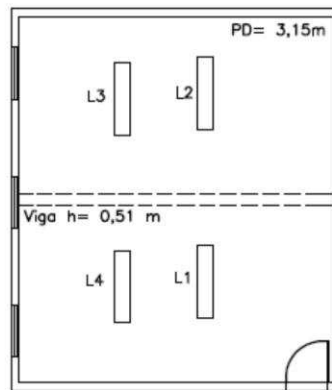
PLANTA BAIXA



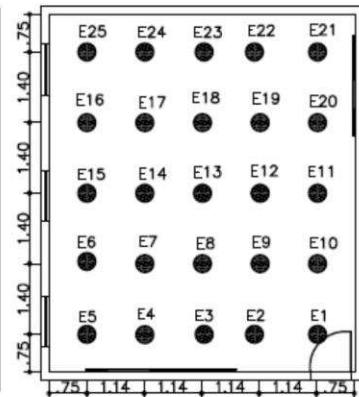
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: a luminária L3 possui as duas lâmpadas queimadas.

VISTA A



VISTA B

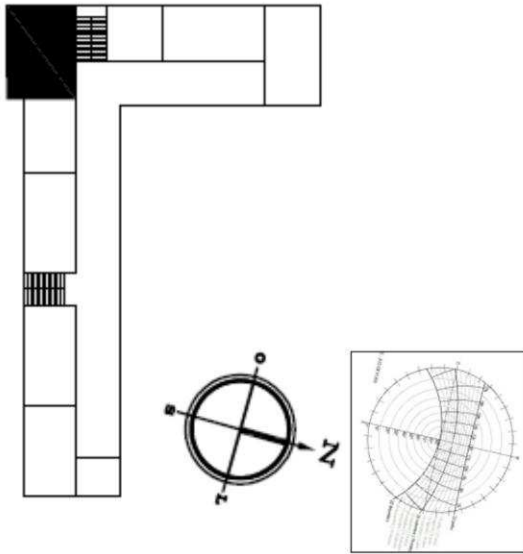


VISTA C

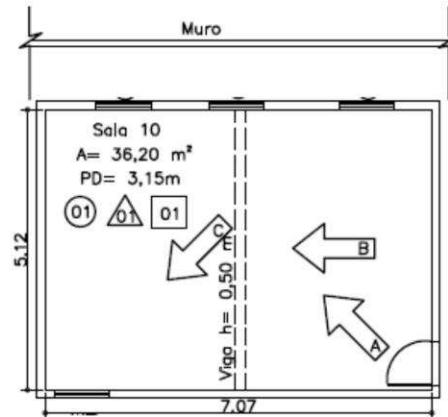


010M7 - SALA 10

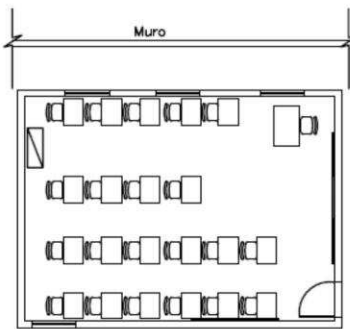
LOCALIZAÇÃO SALA



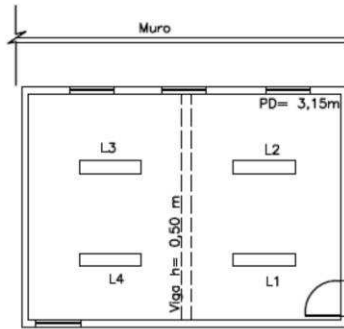
PLANTA BAIXA



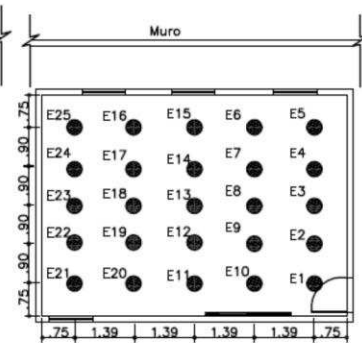
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: as luminárias possuem lâmpadas em bom estado de conservação.

VISTA A



VISTA B

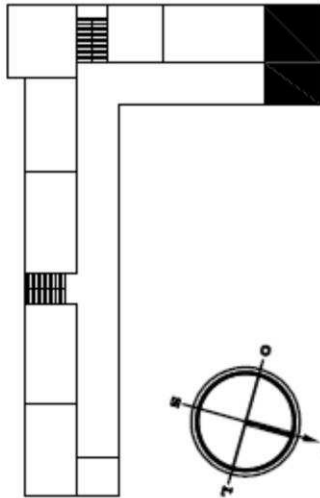


VISTA C

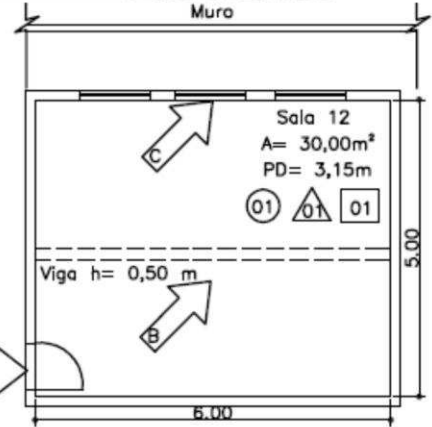


010M7 - SALA 12

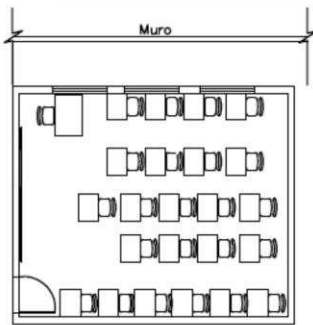
LOCALIZAÇÃO SALA



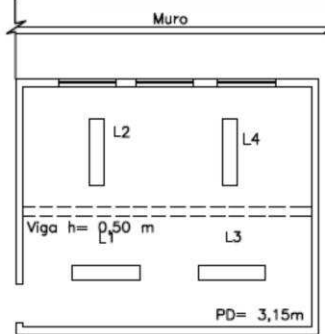
PLANTA BAIXA



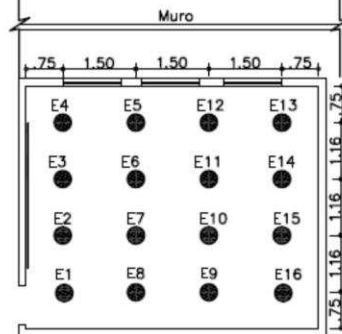
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASES I e II: a luminária L1 possui uma lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

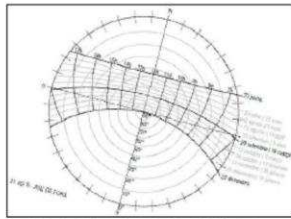
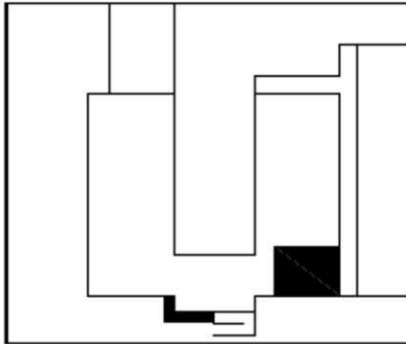


VISTA C



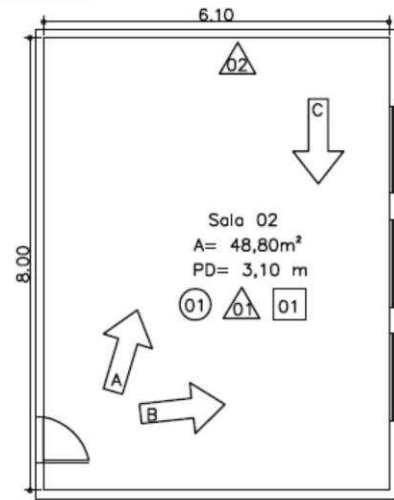
020E6 - SALA 02

LOCALIZAÇÃO SALA



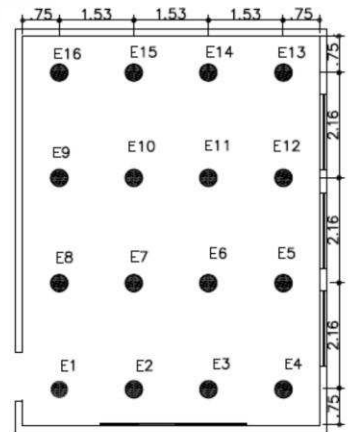
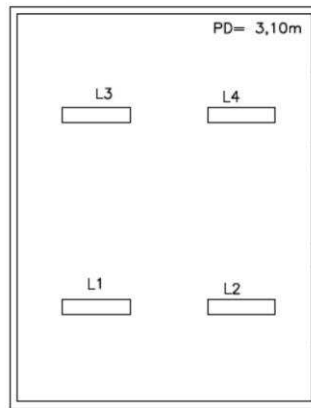
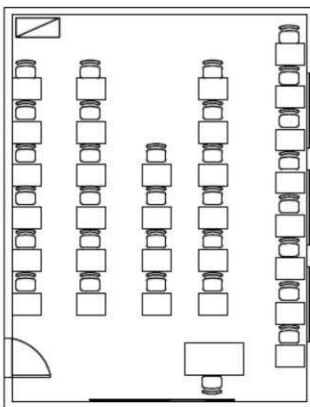
PLANTA LEIAUTE

PLANTA BAIXA



PLANTA LUMINOTÉCNICA

LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
FASES I e II: a luminária L3 possui uma lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

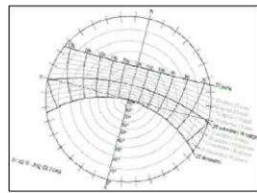
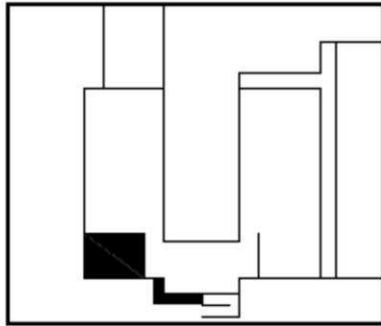


VISTA C

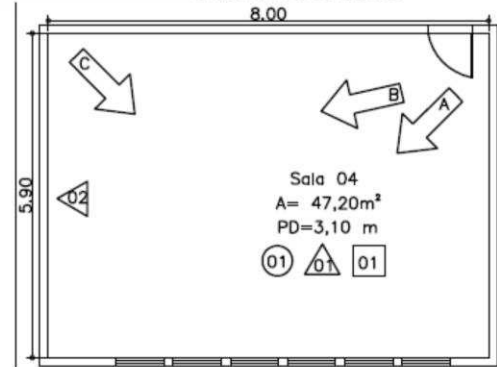


020E6 - SALA 04

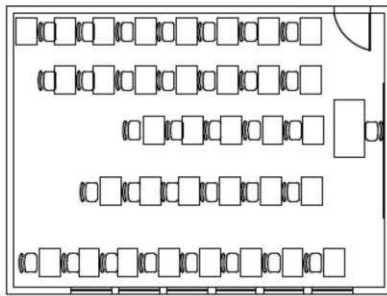
LOCALIZAÇÃO SALA



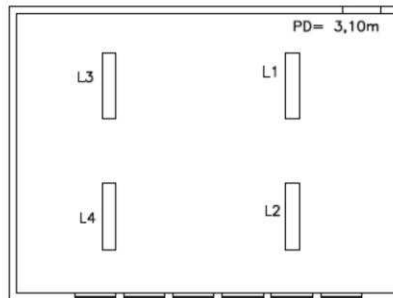
PLANTA BAIXA



PLANTA LEIAUTE

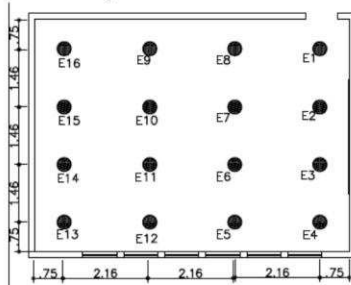


PLANTA LUMINOTÉCNICA



Luminária de sobrepor com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
FASES I e II: todas as lâmpadas em bom estado.

LOCAÇÃO DE PONTOS



VISTA A



VISTA B

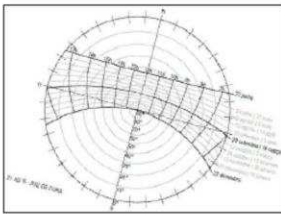
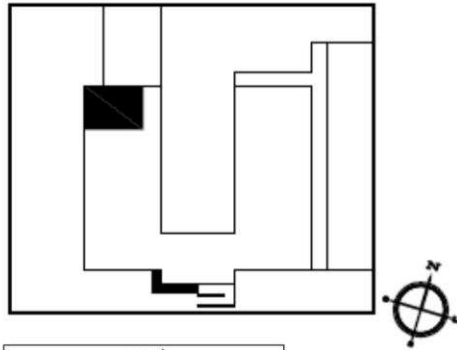


VISTA C

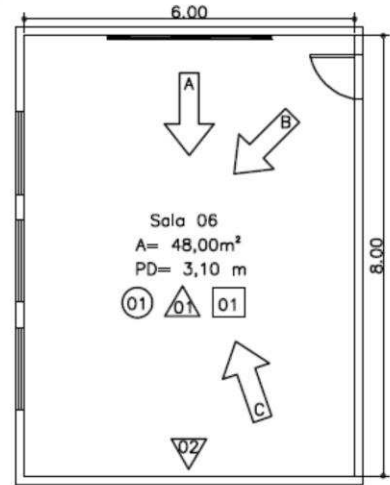


020E6 - SALA 06

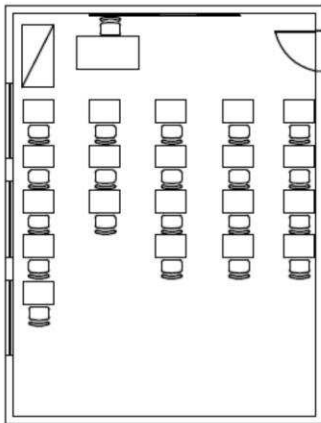
LOCALIZAÇÃO SALA



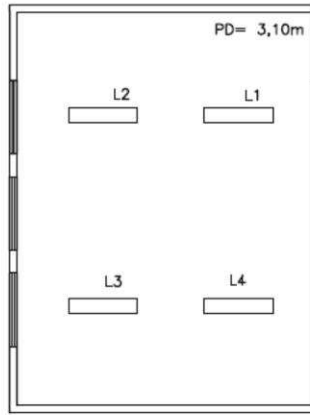
PLANTA BAIXA



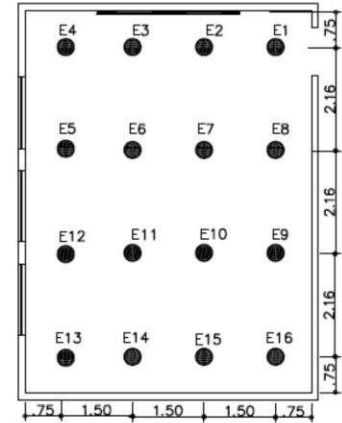
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
FASES I e II: todas as lâmpadas em bom estado.

VISTA A



VISTA B

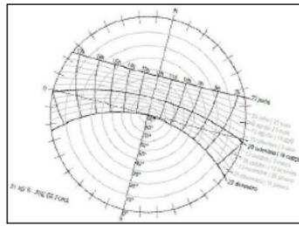
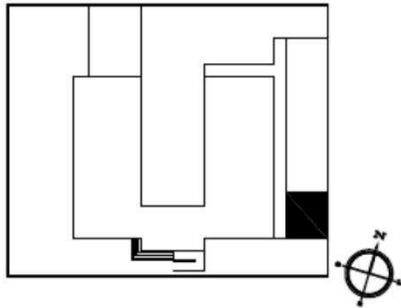


VISTA C



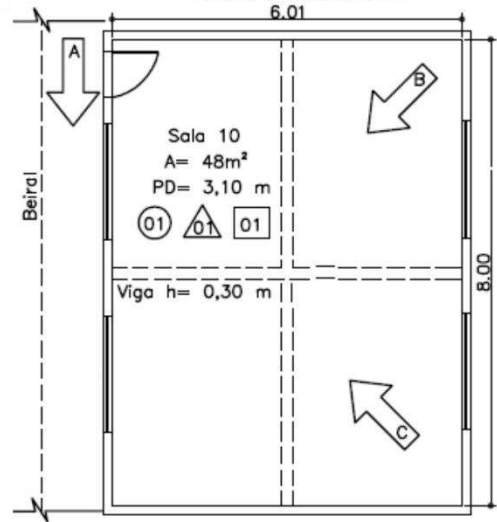
020E6 - SALA 10

LOCALIZAÇÃO SALA



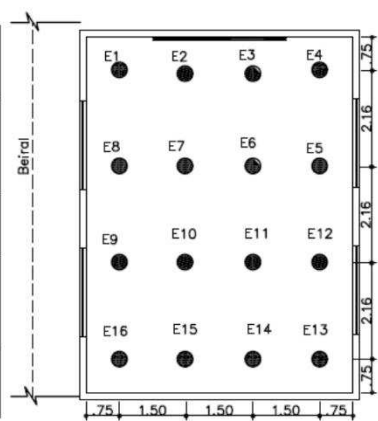
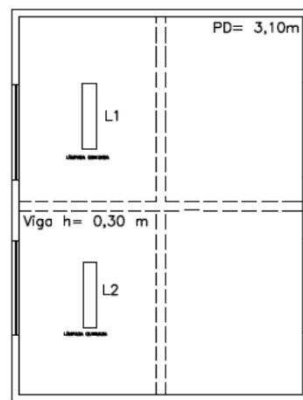
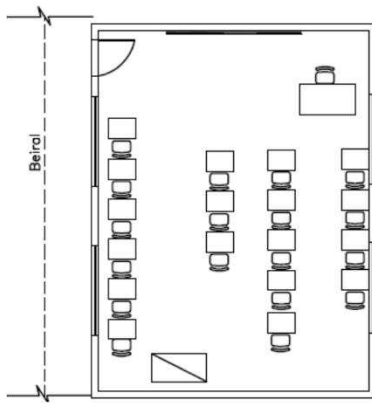
PLANTA LEIAUTE

PLANTA BAIXA



PLANTA LUMINOTÉCNICA

LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
 FASES I: L1 e L2 com as lâmpadas queimadas.
 Não existem L3 e L4. FASES II: L1 com a lâmpada queimada. Não existem L3 e L4.

VISTA A

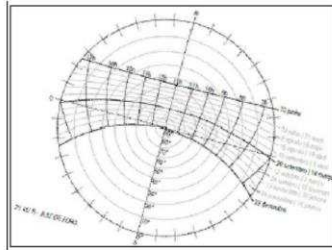
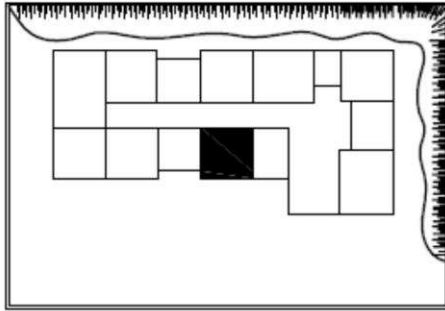
VISTA B

VISTA C

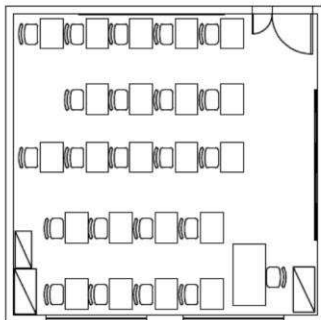


020M2 - SALA 03

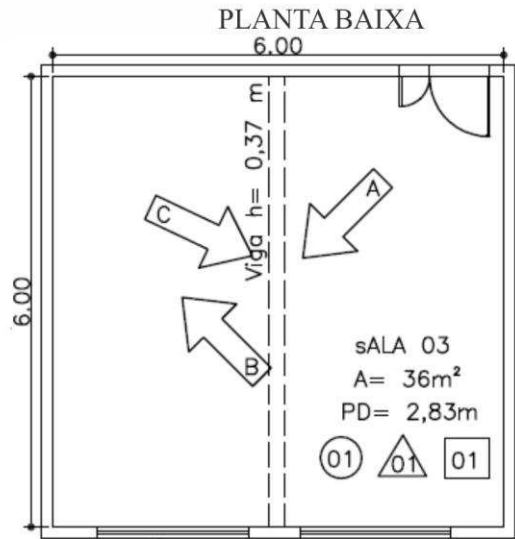
LOCALIZAÇÃO SALA



PLANTA LEIAUTE

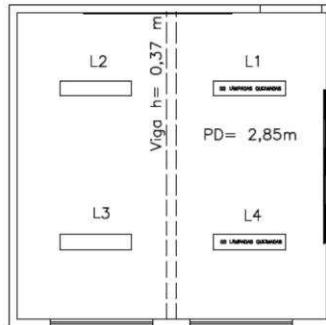


VISTA A

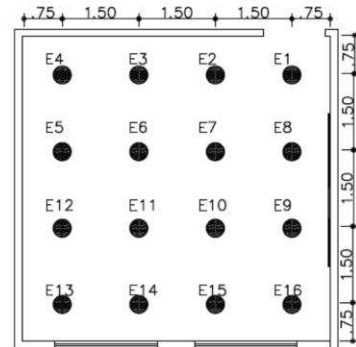


PLANTA BAIXA

PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada. FASES I e II: as luminárias L1 e L4 possuem as duas lâmpadas queimadas.

VISTA B

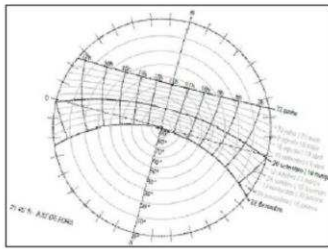
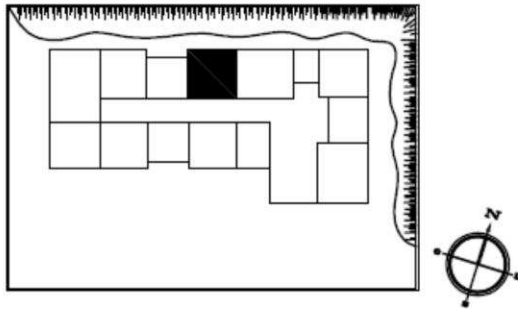


VISTA C

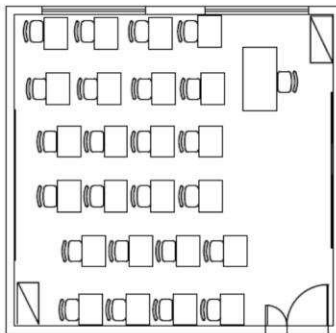


020M2 - SALA 04

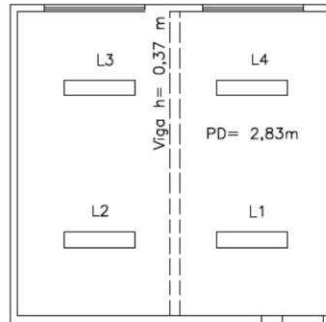
LOCALIZAÇÃO SALA



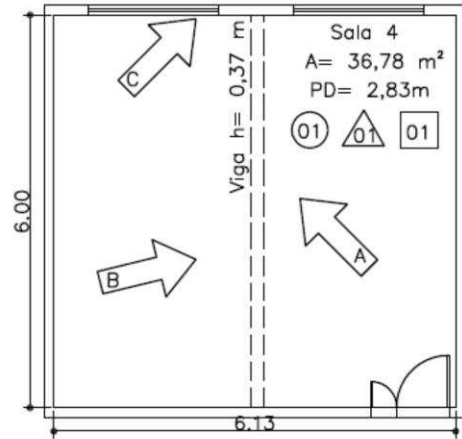
PLANTA LEIAUTE



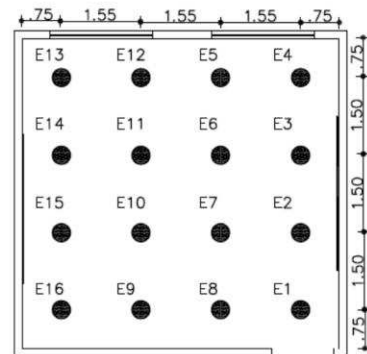
PLANTA LUMINOTÉCNICA



PLANTA BAIXA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASES I e II: todas as lâmpadas em bom estado.

VISTA A



VISTA B

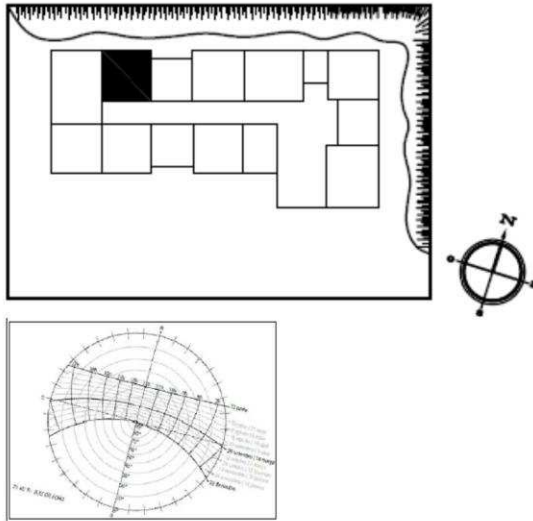


VISTA C

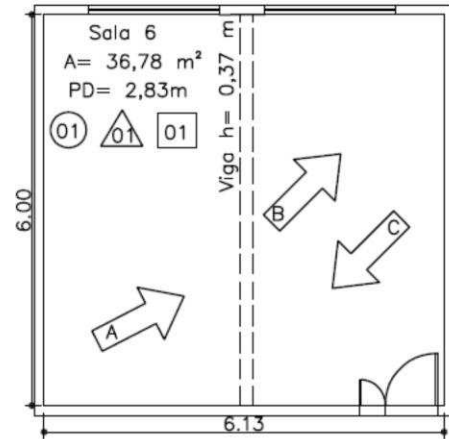


020M2 - SALA 06

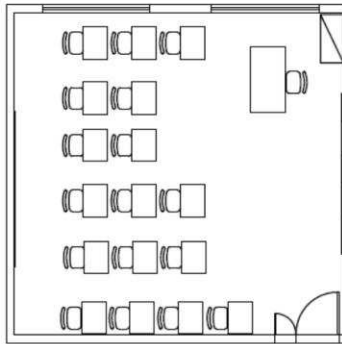
LOCALIZAÇÃO SALA



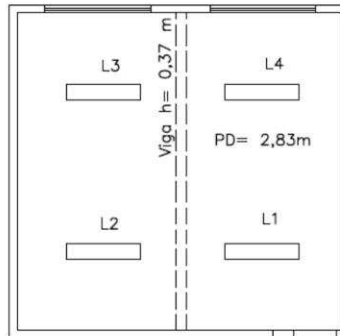
PLANTA BAIXA



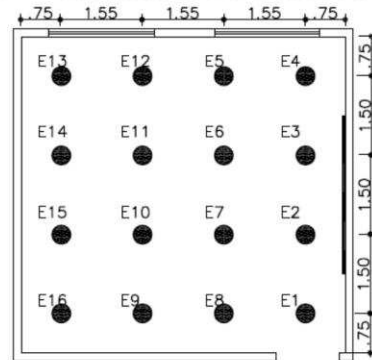
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCALAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASES I e II: todas as lâmpadas em bom estado.

VISTA A



VISTA B

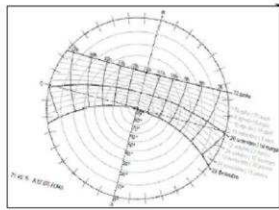
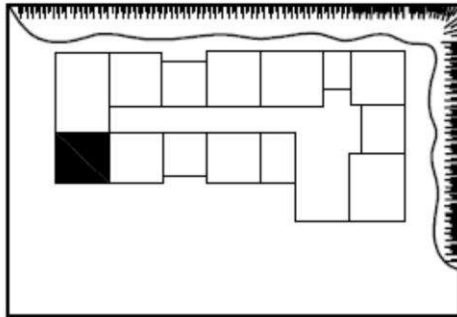


VISTA C

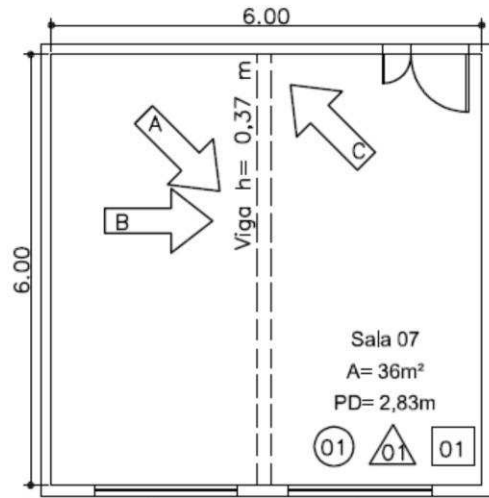


020M2 - SALA 07

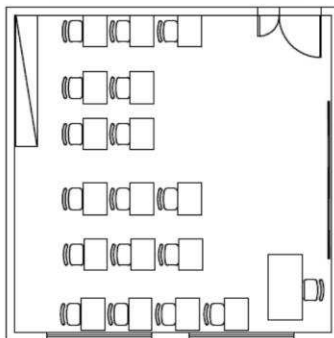
LOCALIZAÇÃO SALA



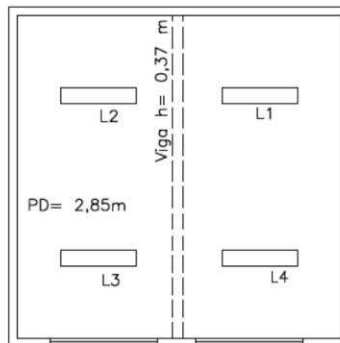
PLANTA BAIXA



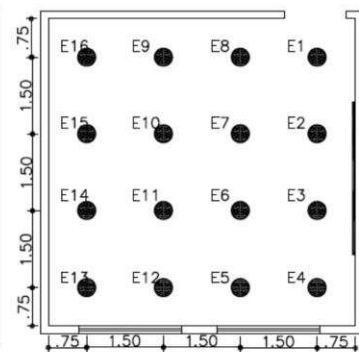
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASES I e II: todas as lâmpadas em bom estado.

VISTA A



VISTA B

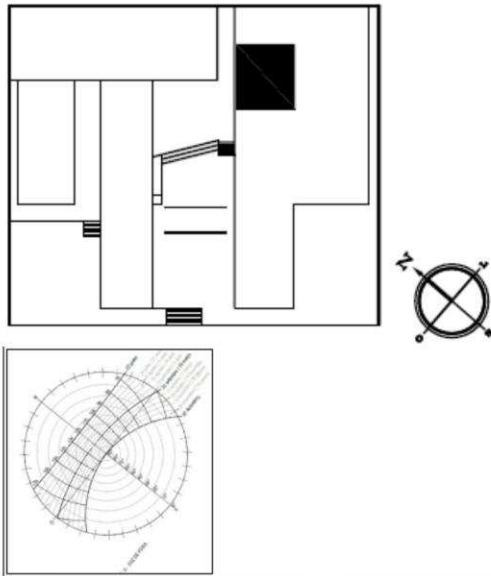


VISTA C



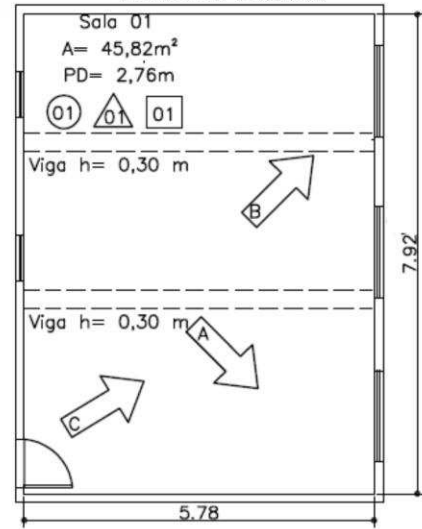
028E4 - SALA 01

LOCALIZAÇÃO SALA



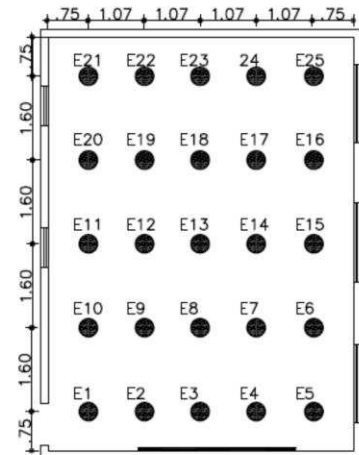
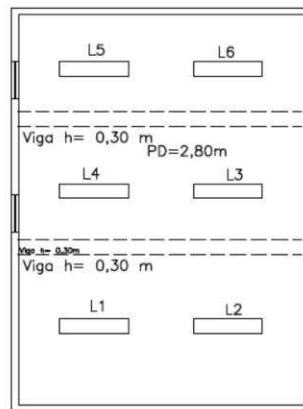
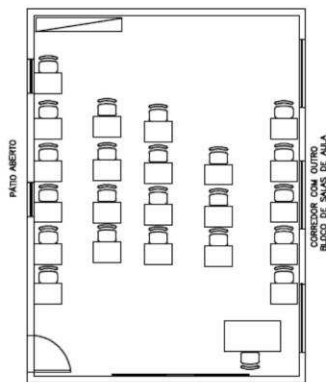
PLANTA LEIAUTE

PLANTA RAIXA



PLANTA LUMINOTÉCNICA

LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L2 e L3 com as duas lâmpadas queimadas;
 L5 e L6 com 01 lâmpoda queimada.
 FASE II: L1 com as duas lâmpadas queimadas;
 L2,L3,L5 e L6 com 01 lâmpoda queimada.

VISTA A

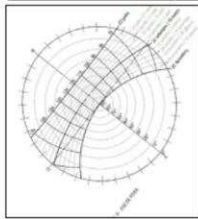
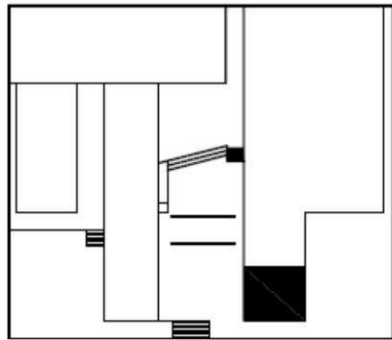
VISTA B

VISTA C

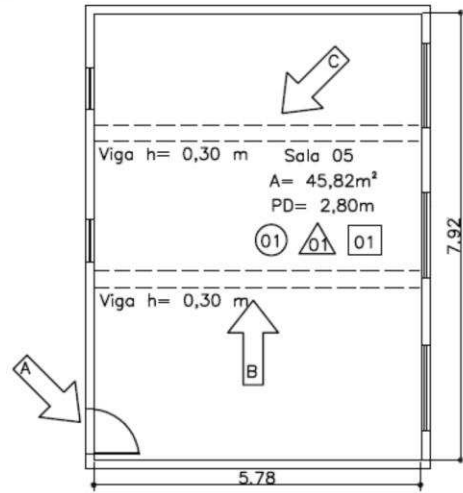


028E4 - SALA 05

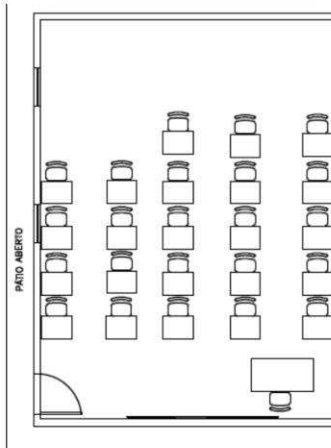
LOCALIZAÇÃO SALA



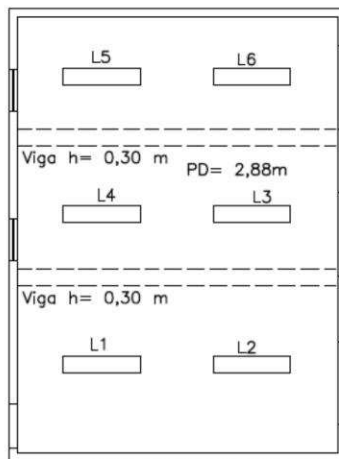
PLANTA BAIXA



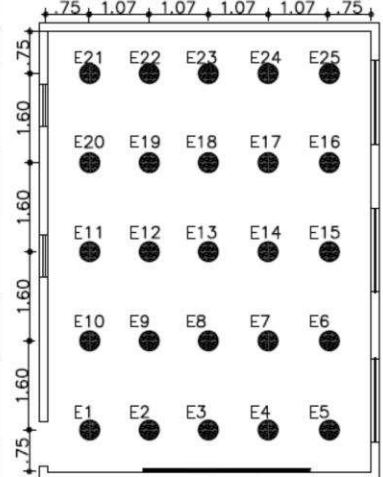
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L1 com as duas lâmpadas queimadas;
 L6 com 01 lâmpada queimada.
 FASE II: L1 e L4 com as duas lâmpadas queimadas
 L3,L5,L6 com 01 lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

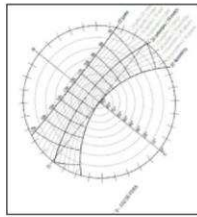
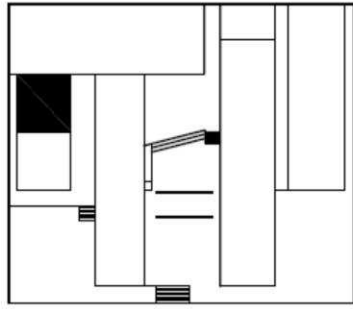


VISTA C

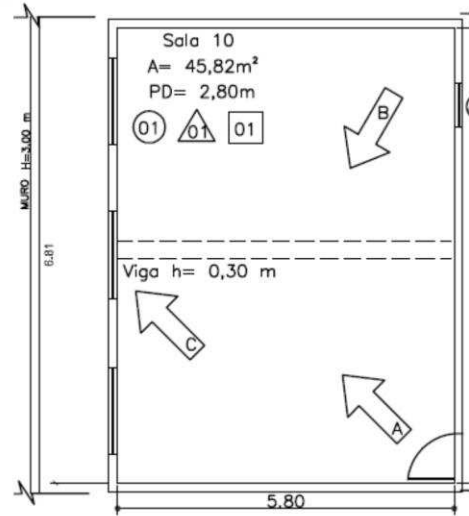


028E4 - SALA 10

LOCALIZAÇÃO SALA



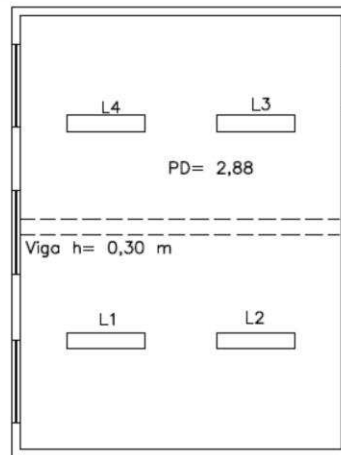
PLANTA BAIXA



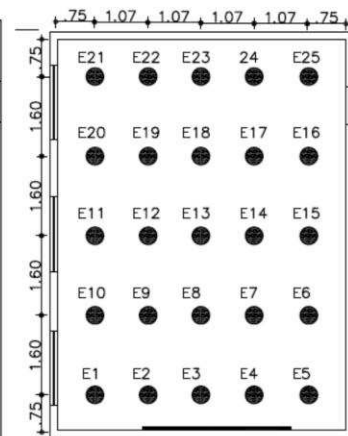
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L2 com as duas lâmpadas queimadas;
 FASE II: L1 e L3 com 01 lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

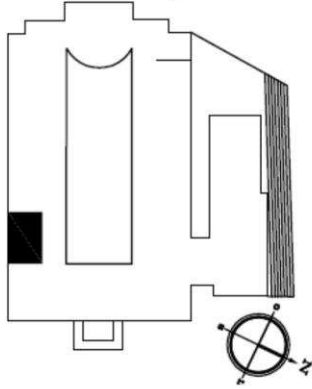


VISTA C

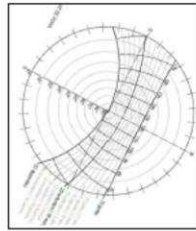
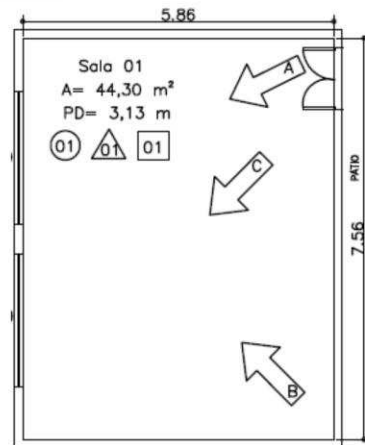


028M2A - SALA 01

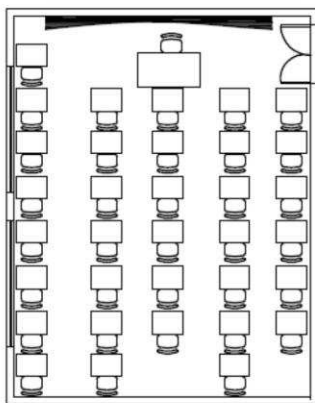
LOCALIZAÇÃO SALA



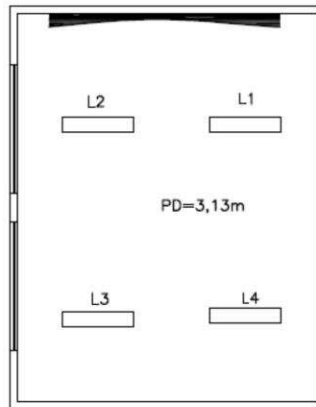
PLANTA BAIXA



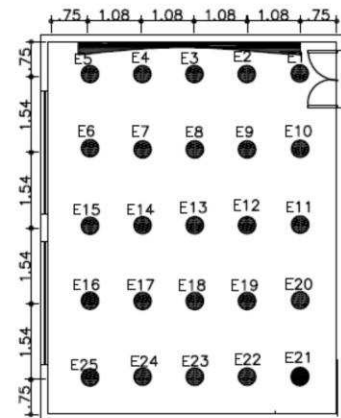
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA

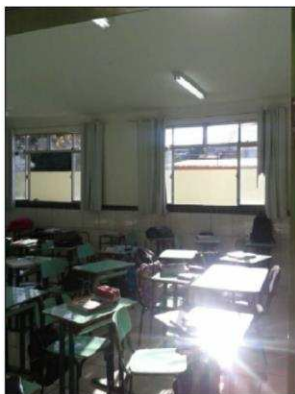


LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L3 com uma lâmpada queimada;
 FASE II: L2 com as duas lâmpadas queimadas.
 L1 com uma lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

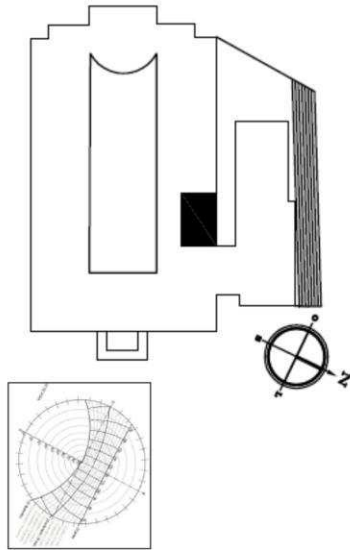


VISTA C



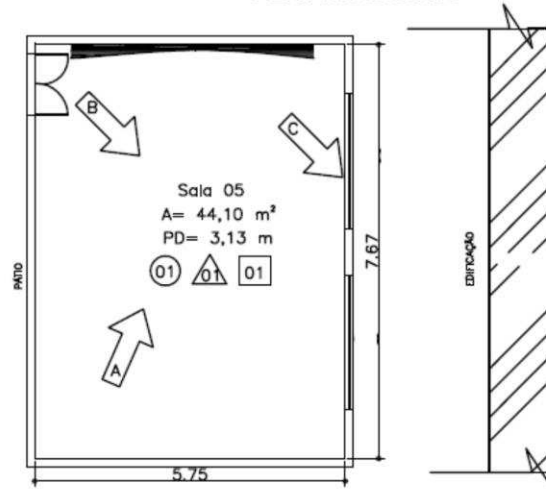
028M2A - SALA 05

LOCALIZAÇÃO SALA



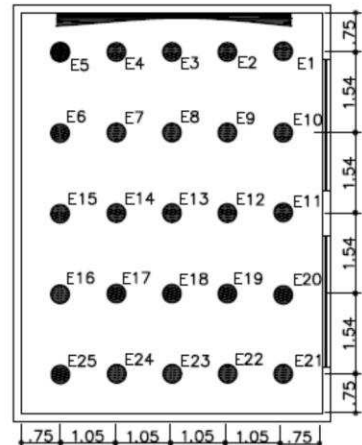
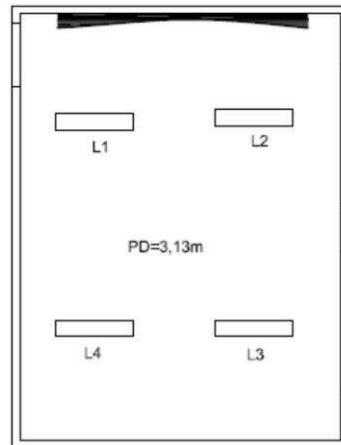
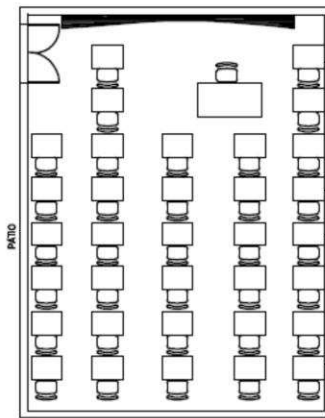
PLANTA LEIAUTE

PLANTA BAIXA



PLANTA LUMINOTÉCNICA

LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepôr com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L1,L2,L3 e L4 com uma lâmpada queimada;FASE II: L3 com uma lâmpada queimada.

VISTA A

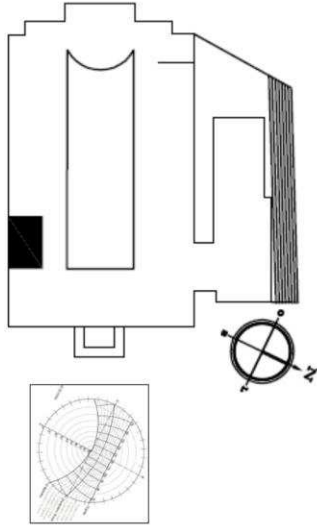
VISTA B

VISTA C

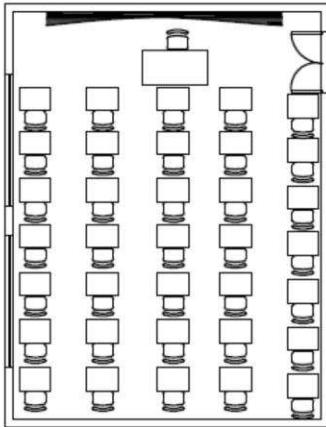


028M2A - SALA 09

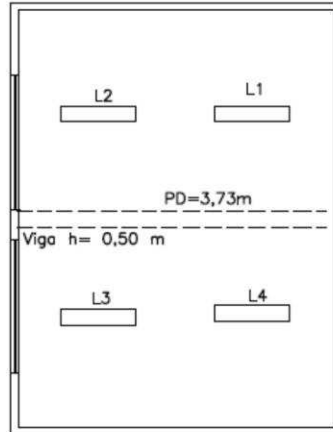
LOCALIZAÇÃO SALA



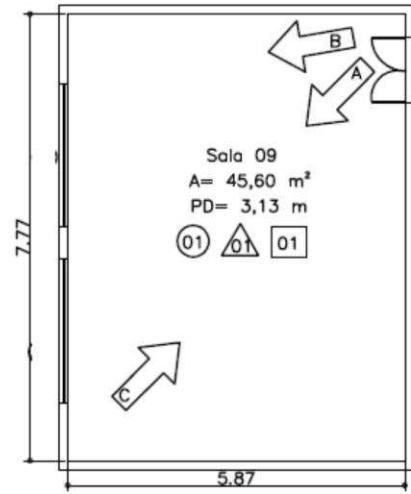
PLANTA LEIAUTE



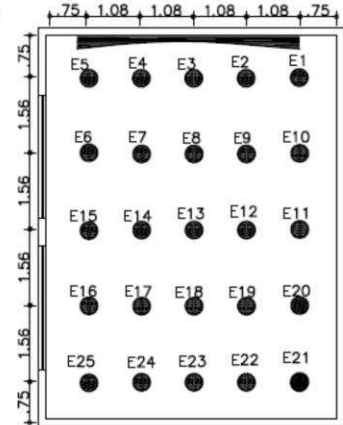
PLANTA LUMINOTÉCNICA



PLANTA BAIXA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária de sobrepor com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
FASE I: L3 com uma lâmpada queimada;
FASE II: todas as lâmpadas em bom estado.

VISTA A



VISTA B

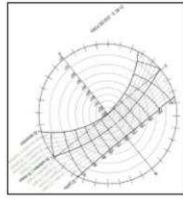
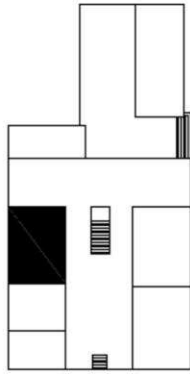


VISTA C

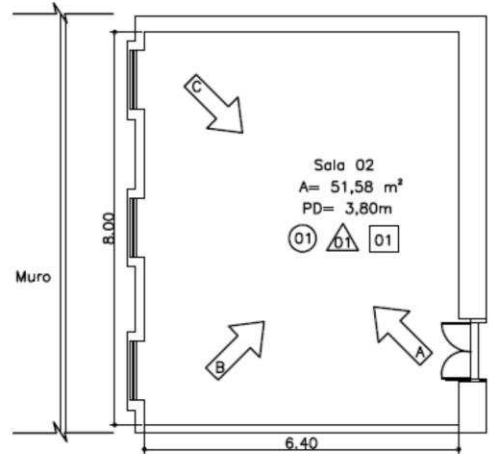


028M2B - SALA 02

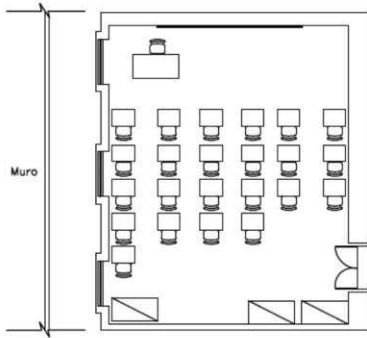
LOCALIZAÇÃO SALA



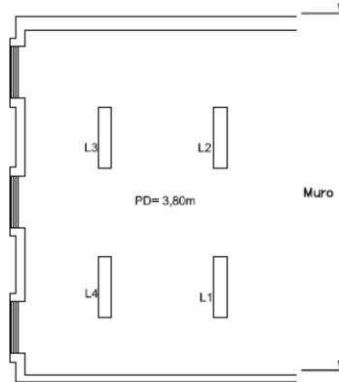
PLANTA BAIXA



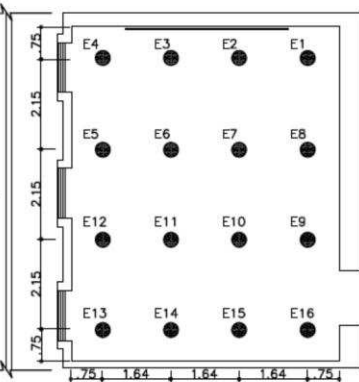
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: L3 com as duas lâmpadas queimadas;
 FASE II: L4 com as duas lâmpadas queimadas
 L1 com uma lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B

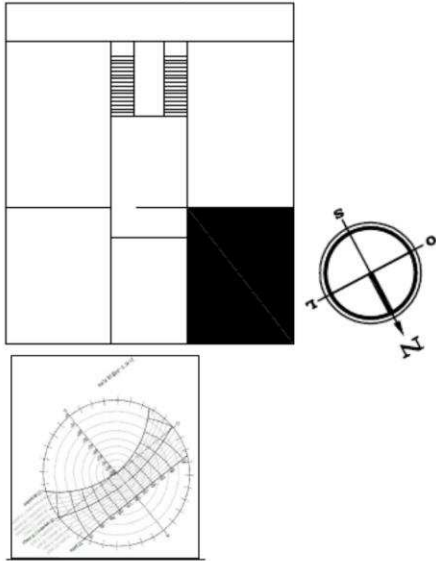


VISTA C

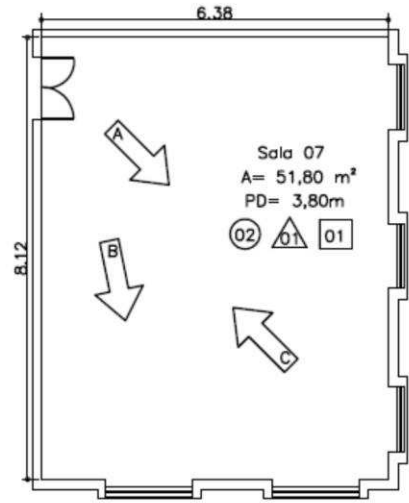


028M2B - SALA 07

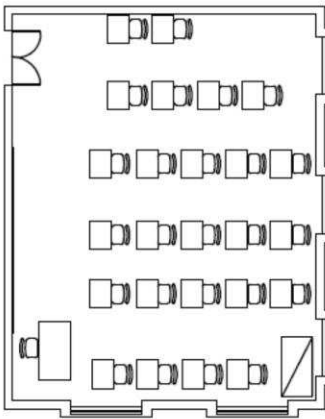
LOCALIZAÇÃO SALA



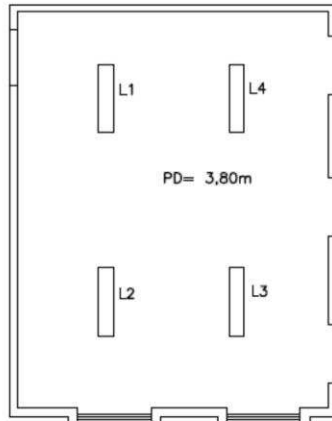
PLANTA BAIXA



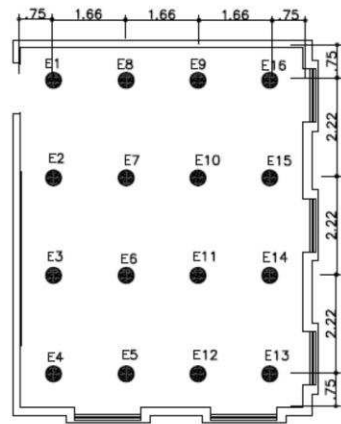
PLANTA LEIAUTE



PLANTA LUMINOTÉCNICA



LOCAÇÃO DE PONTOS



Luminária pendente com capacidade para 02 fluorescentes tubulares T10 de 40W cada.
 FASE I: todas as lâmpadas em bom estado.
 FASE II: L1 com uma lâmpada queimada.

VISTA A



VISTA B



VISTA C

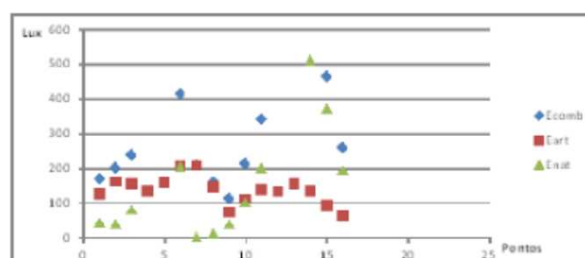


APÊNDICE C – ANÁLISES INDIVIDUAIS DAS SALAS DE AULAS

010E7- SI 03

Ponto	S03(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	171	126,7	44	26%
E02	203	161,8	41	20%
E03	239	156,8	82	34%
E04	1093	135,3	958	88%
E05	1390	161,1	1229	88%
E06	414	208,0	206	50%
E07	210	208,0	2	1%
E08	161	148,2	13	8%
E09	114	73,5	41	36%
E10	215	110,9	104	48%
E11	342	139,4	203	59%
E12	1052	132,4	920	87%
E13	1596	155,5	1440	90%
E14	647	135,3	512	79%
E15	466	92,6	373	80%
E16	259	64,0	195	75%
Máx=	1596	208,0	1440	90%
mín=	114	64,0	2	2%
X (méd)=	536	138,1	398	74%
DP (DesvpdP)=	463	38,9	458	99%
IC=	86%	28,2%	115%	133%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: a fachada NE recebe radiação solar direta no período da tarde durante todo o ano, o que pode causar ofuscamento no quadro negro, quando as janelas encontram-se abertas. Nas condições normais de uso da sala, foram constatados valores contrastantes de iluminância, devido à incorreta utilização de dispositivo solar empregado como solução arquitetônica (vidros pintados e venezianas), bloqueando a luz natural em quase sua totalidade e deixando alguns pontos, por vezes, dependentes da luz artificial. O sistema de iluminação artificial está com níveis de iluminância abaixo do recomendado pela NBR ISO 8995-1.

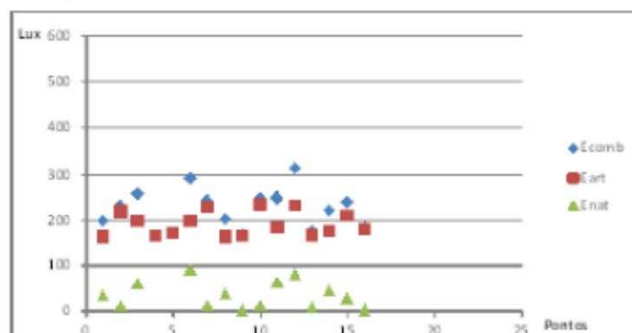
Conclusão: a incidência direta de radiação solar, devido à orientação e configuração de duas fachadas adjacentes com janelas, é o principal efeito nas condições operacionais identificadas em uso nos elementos construtivos desta sala de aula. Ao tentar contornar o brilho excessivo em sala, os usuários recorrem ao fechamento das janelas que ocasionam desuniformidade de iluminância ou até mesmo em uma iluminação dependente da luz artificial. Entretanto, o sistema de iluminação artificial é falho e não atende ao mínimo requerido por norma, tornando mais difíceis as tarefas visuais noturnas e/ou atividades em sala com as janelas fechadas (devido à tipologia das janelas e dispositivos de proteção empregados, para obstruir a passagem da radiação solar). Conclui-se que a sala em análise fica prejudicada devido ao excesso de radiação solar direta e pela insuficiência de luz artificial (incorreto uso de dispositivos de proteção solar/falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

010E7- SI 07

Ponto	S07(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	199	162,8	36	18%
E02	230	218,0	12	5%
E03	259	198,0	61	24%
E04	1434	164,5	1269	89%
E05	1856	173,3	1683	91%
E06	291	198,0	93	32%
E07	241	229,0	12	5%
E08	201	162,9	38	19%
E09	166	163,5	3	2%
E10	247	234,0	13	5%
E11	249	183,4	65	26%
E12	312	231,0	81	26%
E13	177	167,0	10	6%
E14	221	175,8	45	20%
E15	239	210,0	29	12%
E16	183	180,0	3	1%
Máx=	1856	234,0	1683	91%
min=	166	162,8	3	2%
X (méd)=	407	190,7	216	53%
DP (DesvpadP)=	476	25,5	483	101%
IC=	117%	13,4%	224%	191%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: níveis de iluminância elevados foram observados próximos à janela com vista para pátio aberto da instituição; os demais pontos apresentaram baixa contribuição de luz natural, inclusive aqueles próximos à segunda fachada de janelas, (devido à proximidade com o corredor aberto e coberto). A desuniformidade de luz natural é decorrente do uso de dispositivos solares nas condições normais de uso da sala, que são capazes de bloquear totalmente a luz natural. O sistema de iluminação artificial, analisado em separado, está com níveis de iluminância abaixo do recomendado pela NBR ISO8995-1.

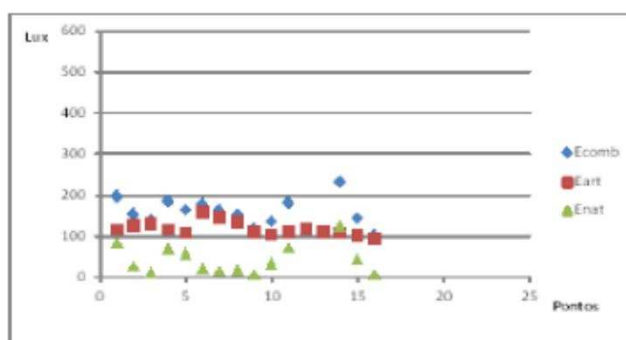
Conclusão: o sistema de aberturas para admissão de luz natural não foi dimensionado corretamente para o seu correto aproveitamento no interior da sala de aula. Tal fato é consequência de erro projetual, dentre outras razões e o fato da sala de aula ter sua largura maior que o comprimento: isso faz com que no meio a sala se tenha pouca influência da luz natural, sendo dependente do sistema de iluminação artificial. Outro fator para a baixa contribuição de luz natural no interior do ambiente está na fachada SO, que possui janelas voltadas para um corredor coberto, diminuindo a incidência da radiação solar até mesmo nos pontos próximos das aberturas. O sistema de iluminação artificial é falho e não atende ao mínimo requerido por norma, tornando mais difíceis as tarefas visuais noturnas e/ou atividades em sala com as janelas fechadas. Conclui-se que a sala em análise fica prejudicada devido a baixa contribuição da luz natural e pela insuficiência de luz artificial (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

010E7- SI 11

Ponto	S11(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	200	116,4	83,3	42%
E02	153	126,4	26	17%
E03	140	129,2	11	8%
E04	185	115,1	70	38%
E05	165	106,9	58	35%
E06	179	156,8	22	12%
E07	161	145,6	16	10%
E08	152	133,8	18	12%
E09	117	109,6	7	6%
E10	136	103,4	33	24%
E11	182	110,8	71	39%
E12	1220	118,0	1102	90%
E13	1109	109,2	1000	90%
E14	234	107,1	127	54%
E15	144	100,5	43	30%
E16	101	93,4	7	7%
Máx=	1220	156,8	1102	90%
mín=	101	93,4	7	7%
X (méd)=	286	117,6	168	59%
DP (DesvpadP)=	334	16,4	336	100%
IC=	117%	14%	199%	171%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: há um muro (h=3m) paralelo à fachada Leste desta sala, na qual os níveis de iluminância natural médios mais elevados foram obtidos próximos às janelas dos fundos (pontos E12 e E13); os demais pontos analisados apresentam pouca influência da luz natural, sendo em alguns deles (pontos E09 e E16) possuem influência desprezível. Em nenhum ponto analisado a iluminação artificial atendeu aos níveis mínimos de iluminância recomendado pela NBR ISO8995-1, ainda que constatado sua uniformidade. A análise de iluminância combinada (Ecomb) também não apresentou níveis mínimos compatíveis com as exigências de iluminação para as atividades visuais diurnas ou noturna realizadas nesta sala de aula.

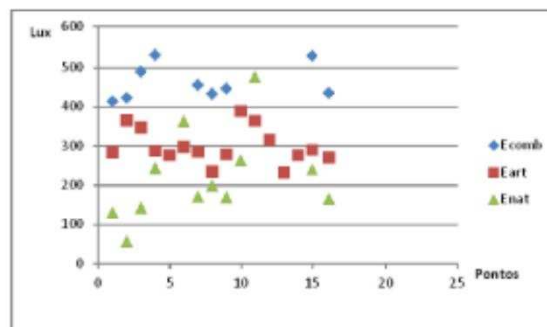
Conclusão: as análises realizadas para esta sala evidenciam a má qualidade da iluminação no local, seja da luz natural (gerando brilho excessivo em partes do dia ou com a radiação solar sendo bloqueada pelo muro de divisa da escola), do sistema de iluminação artificial ou a análise em conjunto dos dois sistemas integrados. Tal fato reflete a ausência de um planejamento prévio na concepção do ambiente, portanto, de natureza projetual. Nota-se a ação gerencial da escola em minimizar efeitos negativos da radiação solar direta no interior da sala de aula, através da presença de toldos fixos nas janelas. Entretanto, tal dispositivo fixo traz como consequência de seu uso um ambiente mais escuro e dependente se um sistema de iluminação artificial eficaz, o qual também não atende às exigências lumínicas de desempenho (incorreto uso de dispositivos de proteção solar/falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

010E7- SI 13

Ponto	S13(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	414	284,0	130	31%
E02	423	366,0	57	13%
E03	489	347,0	142	29%
E04	532	288,0	244	46%
E05	1343	276,0	1067	79%
E06	661	298,0	363	55%
E07	455	285,0	170	37%
E08	433	235,0	198	46%
E09	446	278,0	168	38%
E10	652	389,0	263	40%
E11	840	364,0	476	57%
E12	1789	316,0	1473	82%
E13	1973	232,0	1741	88%
E14	919	276,0	643	70%
E15	530	290,0	240	45%
E16	435	271,0	164	38%
Máx=	1973	389,0	1741	88%
mín=	414	232,0	57	14%
X (méd)=	771	299,7	471	61%
DP				
(DesvpadP)=	483	43,9	494	102%
IC=	63%	14,7%	105%	167%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: a sala, que possui uma vista panorâmica da cobertura das salas do térreo, recebe influência direta de radiação solar da manhã durante todo o ano, ocasionando situações de ofuscamento em seu interior em dias de céu e sol claros. A integração do sistema de luz natural com o artificial, assim como a análise do sistema de iluminação artificial em separado, atendem aos requisitos de iluminância estabelecidos em norma.

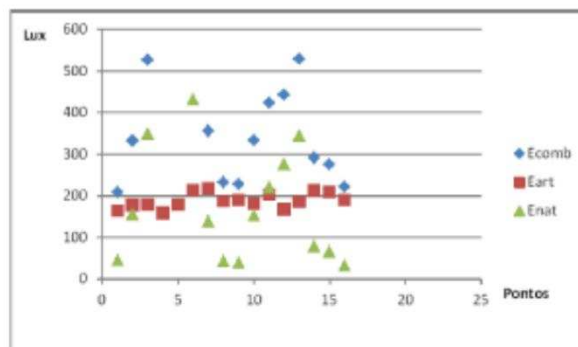
Conclusão: a sala em análise recebe grande influência da luz natural; entretanto, não há um tratamento adequado para que a radiação solar não seja recebida de forma direta, ocasionando ofuscamento e aumento da carga térmica no ambiente. Tal solução poderia ser resolvida com a inclusão de brises na fachada Leste, que possui janelas voltadas para a cobertura do térreo da instituição (incorreto uso de dispositivos de proteção solar/falhas projetuais arquitetônicas).

(Continuação)

010E7- SI 16

Ponto	S16(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	209	163,4	46	22%
E02	333	177,9	155	46%
E03	527	178,8	349	66%
E04	957	158,8	798	83%
E05	914	178,7	736	80%
E06	645	213,0	432	67%
E07	356	217,0	139	39%
E08	232	188,0	44	19%
E09	229	189,0	40	18%
E10	334	181,0	153	46%
E11	424	203,0	221	52%
E12	444	167,7	276	62%
E13	530	185,4	344	65%
E14	292	212,0	80	27%
E15	276	210,0	66	24%
E16	222	189,0	33	15%
Máx=	957	217,0	798	83%
min=	209	158,8	33	16%
X (méd)=	433	188,3	245	57%
DP				
(DesvpadP)=	226	17,6	232	103%
IC=	52%	9,3%	95%	181%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: a sala é influenciada pela radiação solar direta nos períodos da manhã e tarde no inverno e até o início da tarde no equinócio. Como estratégia para evitar a radiação solar direta no inverno no período da tarde, causando ofuscamento na direção do quadro negro, as janelas ora possuem vidro translúcido, ora pintado. O sistema de iluminação artificial, analisado em separado, está com níveis de iluminância abaixo do recomendado pela NBR ISO8995-1; entretanto, a combinação das iluminâncias natural e artificial atende ao estipulado para a realização de atividades visuais nesta sala de aulas na maioria dos pontos estudados.

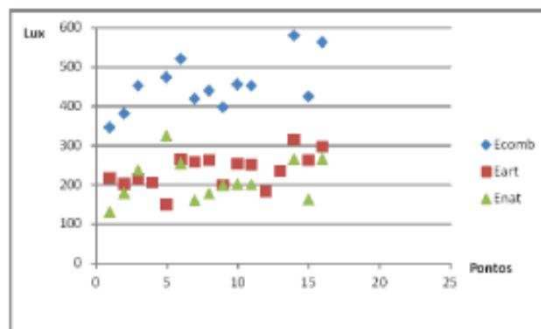
Conclusão: O correto dimensionamento de dispositivos de proteção solar na sala de aula seria capaz de aumentar a eficiência luminosa no ambiente e redirecionar os raios solares para tornar a iluminação do ambiente uniforme. Tal estratégia de projeto não foi verificada na concepção da sala de aula. O sistema de iluminação artificial, ainda que apresente uniformidade de níveis de iluminância, não atende ao mínimo requerido por norma - caso atue de modo individual em aulas noturnas (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

010M7- SI 04

Ponto	S4(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	346	216,0	130	38%
E02	381	202,0	179	47%
E03	452	215,0	237	52%
E04	1115	206,0	909	82%
E05	474	149,6	324	68%
E06	520	265,0	255	49%
E07	419	258,0	161	38%
E08	440	262,0	178	40%
E09	397	198,0	199	50%
E10	455	254,0	201	44%
E11	452	251,0	201	44%
E12	1232	182,2	1050	85%
E13	1219	235,0	984	81%
E14	580	315,0	265	46%
E15	424	262,0	162	38%
E16	562	296,0	266	47%
Máx=	1232	315,0	1050	38%
mín=	346	149,6	130	60%
X (méd)=	592	235,4	356	104%
DP (DesvpadP)=	294	41,7	305	172%
IC=	49,6%	17,7%	86%	139%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Condição de céu: claro

Condição de sol: claro

Análise: a sala de aula recebe influência da radiação solar direta, principalmente nos pontos localizados próximos às janelas (pontos E04, E05, E12, E13 e E16). O sistema de iluminação artificial não atinge o mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1. A iluminância combinada (Ecomb) garante níveis adequados de iluminância na sala de aula; entretanto, é observado desuniformidade entre os pontos.

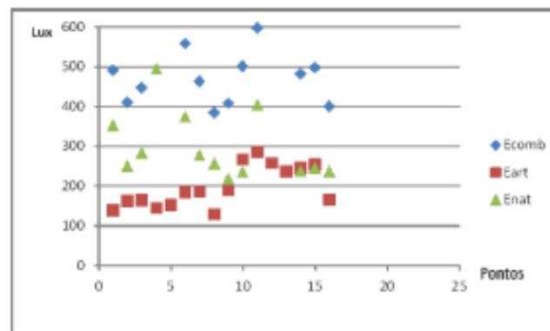
Conclusão: a sala em análise apresenta grande influência da iluminação externa em todo seu interior; entretanto, níveis elevados podem causar brilho excessivo e desconforto visual durante parte do dia - uma vez que os dispositivos de proteção solares utilizados (cortinas finas e alguns vidros pintados) não resolveriam de forma eficaz tal tipo de problema. O correto dimensionamento de dispositivos poderia tornar a iluminação do ambiente uniforme. Tal estratégia de projeto não foi verificada na concepção da sala de aula. O sistema de iluminação artificial é falho, uma vez que não atende ao mínimo estipulado por norma - tornando mais difíceis as tarefas visuais noturnas (incorreto emprego de dispositivos de proteção solar/ falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

010M7- SI 05

Ponto	50(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	490	138,4	352	72%
E02	410	160,9	249	61%
E03	446	163,1	283	63%
E04	639	143,9	495	77%
E05	913	152,4	760	83%
E06	558	184,0	374	67%
E07	462	185,0	277	60%
E08	385	129,1	255	66%
E09	407	189,5	217	53%
E10	500	266,0	234	47%
E11	598	284,0	403	67%
E12	1128	297,0	871	77%
E13	1190	235,0	955	80%
E14	481	245,0	236	49%
E15	497	253,0	244	49%
E16	399	164,4	235	60%
Máx=	1190	284,0	955	57%
mín=	385	129,1	217	68%
X (méd)=	594	196,9	403	95%
DP	250	50,61	238	141%
(DesvpdP)=	42%	25,7%	59%	123%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Condição de céu: claro

Condição de sol: claro

Análise: o posicionamento da fachada de janelas permite que o ambiente seja bastante influenciado pela radiação solar direta nos pontos próximos às aberturas, assim como ocorre na sala 04 (análise anterior). O sistema de iluminação artificial não atinge o mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1. A iluminância combinada (Ecomb) garante níveis adequados de iluminância na sala de aula; entretanto, é observado desuniformidade entre os pontos.

Conclusão: a sala apresenta boa contribuição da iluminação natural na parte da manhã; entretanto, os dispositivos de proteção solares utilizados (cortinas finas e alguns vidros pintados) não resolvem de forma eficaz o excesso de brilho e a desuniformidade de iluminâncias. O correto dimensionamento de dispositivos poderia tornar a iluminação do ambiente uniforme. Tal estratégia de projeto não foi verificada na concepção da sala de aula. O sistema de iluminação artificial é falho, uma vez que não atende ao mínimo estipulado por norma - tornando mais difíceis as tarefas visuais noturnas (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnia/ incorreto emprego de dispositivos de proteção solar).

(Continuação)

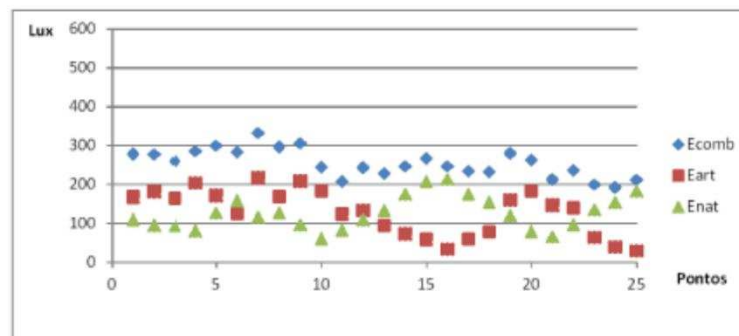
010M7- SI 07

Ponto	S7(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	277	166,8	110	40%
E02	276	181,0	95	34%
E03	259	163,7	95	37%
E04	284	203,0	81	29%
E05	298	170,8	127	43%
E06	283	125,3	158	56%
E07	332	216,0	116	35%
E08	296	168,4	128	43%
E09	305	208,0	97	32%
E10	243	183,0	60	25%
E11	206	123,7	82	40%
E12	243	132,8	110	45%
E13	227	94,4	133	58%
E14	246	72,5	174	71%
E15	266	58,4	207	78%
E16	246	32,6	213	87%
E17	234	59,5	174	75%
E18	231	78,1	153	66%
E19	279	159,8	120	43%
E20	261	182,5	79	30%
E21	211	146,2	65	31%
E22	236	139,6	97	41%
E23	199	63,6	135	68%
E24	192	39,0	153	80%
E25	211	28,6	182	86%
Máx=	332	216,0	213	64%
min=	192	28,6	60	31%
X (méd)=	254	127,9	126	50%
DP (DesvapadP)=	35	57,84	41	117%
IC=	14%	45,2%	33%	237%

Análise: a sala, com fachada de janelas voltada para a rua de acesso à instituição e toldos nas janelas, apresenta níveis muito baixos de iluminância em todas as situações analisadas: iluminância por luz natural, artificial e combinadas. Em nenhuma das situações a sala apresenta níveis de iluminância considerados mínimos para o exercício de atividades visuais no local.

Conclusão: nesse contexto, fica evidente que o **incorreto emprego de dispositivo de proteção solar** ocasiona baixa iluminância da sala de aula, que possui janelas com visão de céu sem nenhum entorno imediato capaz de bloquear os raios solares. Vale ressaltar que os níveis de iluminância verificados no levantamento foram em condição de céu e sol claros. O sistema de iluminação artificial, neste caso, torna-se essencial para a iluminação do ambiente; entretanto, não atende ao mínimo estipulado por norma - tornando mais difíceis as tarefas visuais noturnas (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnia).

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Condição de céu: claro

Condição de sol: claro

(Continuação)

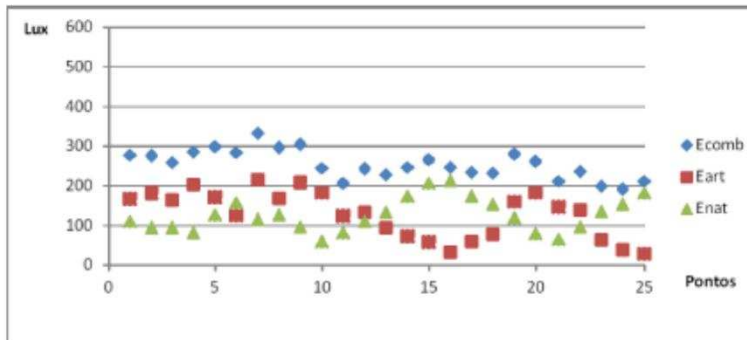
010M7- SI 10

Ponto	S10(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	208	136,5	72	34%
E02	230	157,2	73	32%
E03	223	141,5	81	36%
E04	237	123,9	113	48%
E05	373	100,7	273	73%
E06	478	134,1	344	72%
E07	287	148,2	139	48%
E08	299	162,7	136	46%
E09	302	226,0	76	25%
E10	255	198,0	57	22%
E11	217	162,3	55	25%
E12	258	201,0	57	22%
E13	281	153,4	128	45%
E14	356	127,3	228	64%
E15	539	77,5	461	86%
E16	472	146,3	326	69%
E17	388	188,0	200	52%
E18	339	224,0	115	34%
E19	338	221,0	117	35%
E20	302	198,0	104	34%
E21	403	154,3	249	62%
E22	332	188,1	144	43%
E23	312	164,3	148	47%
E24	290	179,3	111	38%
E25	404	121,4	282	70%
Máx=	539	226,0	461	86%
min=	208	77,5	55	26%
X (méd)=	325	161,4	164	50%
DP (Desvpad ²)=	85	37,33	104	123%
IC=	26%	23,1%	63%	243%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.

Análise: localizada no segundo pavimento sob a sala 04, a sala de aulas nº 10 apresenta baixos níveis médios de luz natural e de luz artificial, embora a combinação das iluminâncias atinja um nível mínimo de iluminância aceitável por norma.

Conclusão: o nível de iluminância natural observado é consequência do impacto do entorno imediato na sala de aula (muro de divisa do terreno da escola com uma instituição religiosa). Ou seja, o posicionamento da sala de aula com relação ao entorno não é favorável (erro projetual arquitetônico). Tal problema se torna amenizado com o sistema de iluminação artificial onde, analisando Ecomb, a sala atinge níveis mínimos de iluminância. Entretanto, com essa configuração existente, a sala de aula é completamente dependente do sistema de iluminação artificial para o exercício de atividades durante o dia - sendo considerada inapropriada para situações de aulas no período noturno (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnia).



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Condição de céu: claro

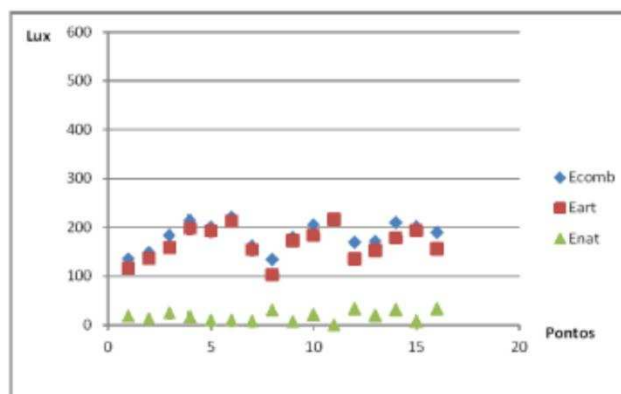
Condição de sol: claro

(Continuação)

010M7- SI 12

Ponto	S12(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	135	116,5	18	14%
E02	149	136,2	13	9%
E03	183	158,0	25	14%
E04	214	197,0	17	8%
E05	201	192,0	9	5%
E06	221	212,0	9	4%
E07	161	153,7	7	5%
E08	133	102,9	31	23%
E09	180	172,9	7	4%
E10	205	183,6	22	10%
E11	216	216,0	0	0%
E12	168	135,5	33	20%
E13	172	152,4	19	11%
E14	209	177,9	32	15%
E15	201	193,0	8	4%
E16	189	155,8	33	17%
Máx=	221	216,0	33	15%
mín=	133	102,9	0	0%
X (méd)=	184	166,0	18	10%
DP (DesvpadP)=	28	31,85	10	37%
IC=	15%	19,2%	58%	386%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Condição de céu: claro

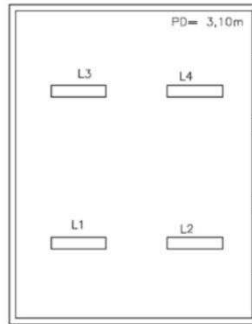
Condição de sol: claro

Análise: os índices de iluminância levantados nessa sala de aula são preocupantes e revelam o descaso com a iluminação em alguns casos de ambientes escolares: a sala possui níveis de iluminância desprezíveis de luz natural, não possuindo visão de céu; apresenta níveis relativamente baixos de iluminância artificial; analisando as iluminâncias em conjunto, a sala também não atinge o mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1.

Conclusão: a sala de aula sofre influência direta do entorno imediato (muro de divisa, localizado a menos de 1m da fachada de janelas). Além de efeitos psicológicos negativos no usuário, a sala sem nenhuma vista para o exterior bloqueia a luz natural em quase sua totalidade, chegando a ter sido verificado níveis de até 0,4 lux durante o período de aulas no local. Caso a sala possuísse um sistema de iluminação artificial eficiente, tal realidade pudesse ser amenizada. Entretanto, o sistema de luz artificial é falho, o que torna a situação agravante e comprova que o dimensionamento da sala não se preocupou com condições mínimas de conforto visual do aluno (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnia).

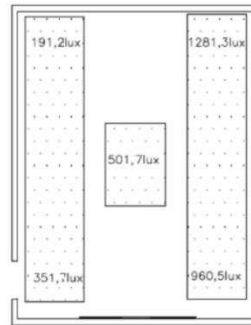
(Continuação)
020E6 - SI 02

Planta Luminotécnica

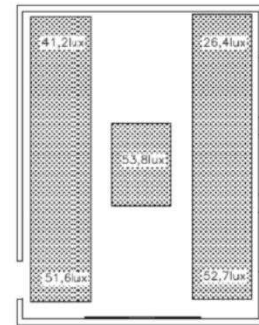


Luminária de sobrepor com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
FASES I e II: a luminária L3 possui uma lâmpada customada.

Ecomb



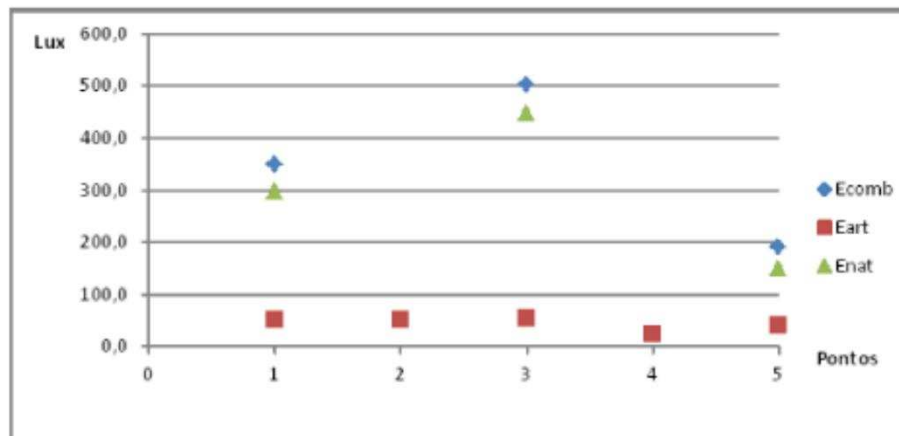
Eart



Condição de céu: claro
Condição de sol: claro

S2 (E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
E_{comb}	E_{art}	E_{nat}	
351,0	52,0	299,0	85%
960,0	53,0	907,0	94%
502,0	54,0	448,0	89%
1281,0	26,0	1255,0	98%
191,0	41,0	150,0	79%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: uma vez esta instituição possuindo horário de encerramento de atividades antes do anoitecer, não foi possível a realização do levantamento lumínico no período da noite na escola 020E6. Assim, o método adotado para a avaliação da iluminação nas salas de aulas desta instituição consistiu na setorização das salas em faixas longitudinais - representadas nas plantas. O item Eart foi obtido à partir da medição simultânea de cinco pontos em cada sala, com portas e janelas fechadas e luz artificial acesa/ apagada. A média dos níveis levantados são apresentados nas plantas. A sala em análise possui janelas na fachada NE e recebe radiação solar no período da manhã durante todo o ano. Apresenta influência da iluminação natural em todo seu interior; entretanto, níveis elevados podem causar brilho excessivo e desconforto visual durante parte do dia. O sistema de iluminação artificial apresenta índices baixos de iluminância.

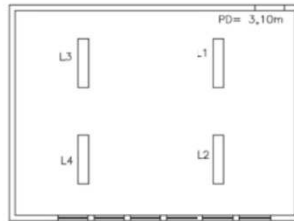
Conclusão: apesar da sala de aulas ter a predominância da iluminação natural, os níveis de iluminância levantados apresentam desuniformidade que pode tornar dificultosa a realização de atividades visuais no ambiente. O sistema de iluminação artificial é muito aquém do mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)
020E6 - SI 04

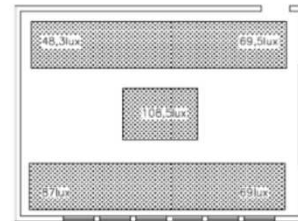
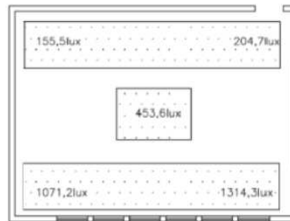
Planta Luminotécnica

Ecomb

Eart



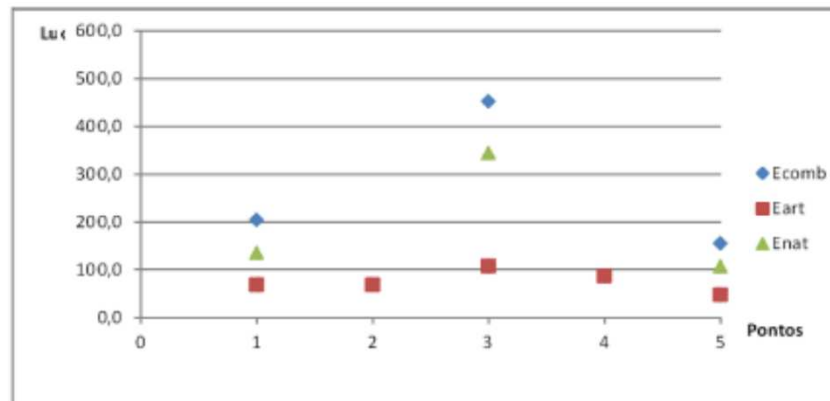
Luminária de sobrepor com capacidade para 01 fluorescente tubular T10 de 40W cada.
 FASES 1 e 2 todos os interruptores em bom estado.



Condição de céu: claro
 Condição de sol: claro

S4 (E: IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
E_{Comb}	E_{art}	E_{nat}	
205,0	69,0	136,0	66%
1314,0	69,0	1245,0	95%
453,0	108,0	345,0	76%
1071,0	87,0	984,0	92%
155,0	48,0	107,0	69%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.

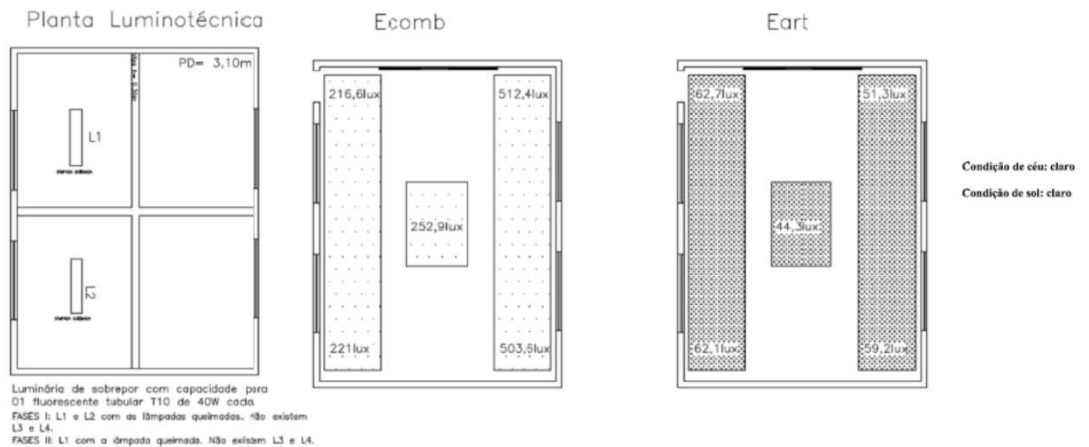


*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: uma vez esta instituição possuindo horário de encerramento de atividades antes do anoitecer, não foi possível a realização do levantamento lumínico no período da noite na escola 020E6. Assim, o método adotado para a avaliação da iluminação nas salas de aulas desta instituição consistiu na setorização das salas em faixas longitudinais - representadas nas plantas. O item Eart foi obtido à partir da medição simultânea de cinco pontos em cada sala, com portas e janelas fechadas e luz artificial acesa/ apagada. A média dos níveis levantados são apresentados nas plantas. A sala em análise possui janelas na fachada SE e recebe radiação solar durante todo o dia no verão. Apresenta influência da iluminação natural em todo seu interior; entretanto, níveis elevados podem causar brilho excessivo e desconforto visual durante parte do dia. O sistema de iluminação artificial apresenta índices baixos de iluminância.

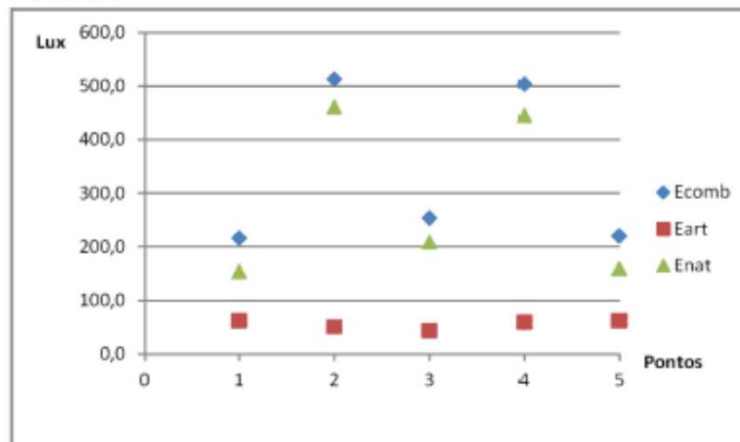
Conclusão: apesar da sala de aulas ter a predominância da iluminação natural, os níveis de iluminância levantados apresentam desuniformidade que pode tornar dificultosa a realização de atividades visuais no ambiente. O sistema de iluminação artificial é muito aquém do mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)
020E6 - SI 10



S10 (E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
E _{comb}	E _{art}	E _{nat}	
217,0	63,0	154,0	71%
512,0	51,0	461,0	90%
253,0	44,0	209,0	83%
504,0	59,0	445,0	88%
221,0	62,0	159,0	72%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.

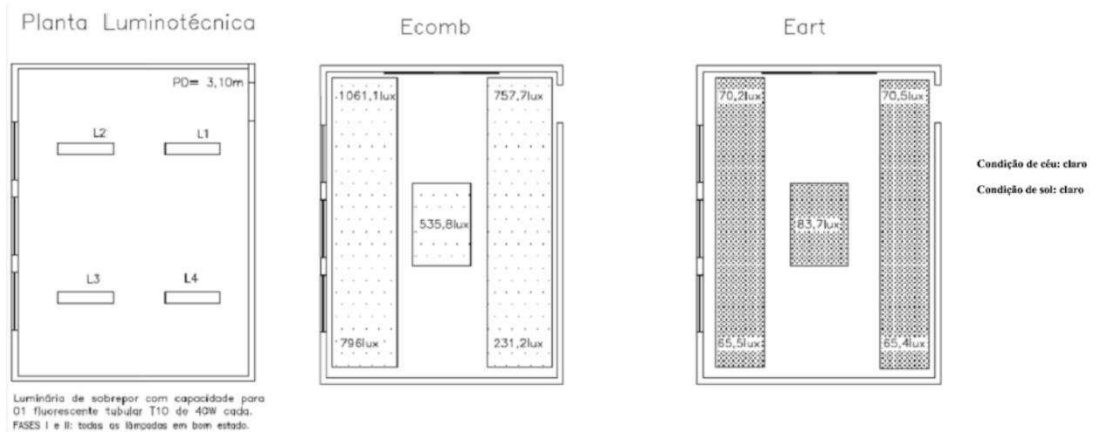


*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: uma vez esta instituição possuindo horário de encerramento de atividades antes do anoitecer, não foi possível a realização do levantamento lumínico no período da noite na escola 020E6. Assim, o método adotado para a avaliação da iluminação nas salas de aulas desta instituição consistiu na setorização das salas em faixas longitudinais - representadas nas plantas. O item Eart foi obtido à partir da medição simultânea de cinco pontos em cada sala, com portas e janelas fechadas e luz artificial acesa/ apagada. A média dos níveis levantados são apresentados nas plantas. A sala em análise possui janelas na fachada SE e recebe radiação solar durante todo o dia no verão. Apresenta influência da iluminação natural em todo seu interior; entretanto, níveis elevados podem causar brilho excessivo e desconforto visual durante parte do dia. O sistema de iluminação artificial apresenta índices baixos de iluminância.

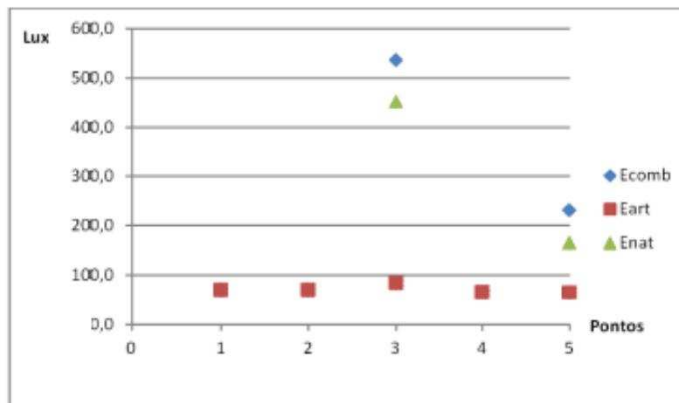
Conclusão: a sala de aulas apresenta desuniformidade e baixos índices de iluminância simultaneamente, o que pode tornar dificultosa a realização de atividades visuais no ambiente. O sistema de iluminação artificial é muito aquém do mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)
020E6 - SI 06



S6 (E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
E_{comb}	E_{art}	E_{nat}	
758,0	70,0	688,0	91%
1061,0	70,0	991,0	93%
536,0	84,0	452,0	84%
796,0	66,0	730,0	92%
231,0	65,0	166,0	72%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: uma vez esta instituição possuindo horário de encerramento de atividades antes do anoitecer, não foi possível a realização do levantamento lumínico no período da noite na escola 020E6. Assim, o método adotado para a avaliação da iluminação nas salas de aulas desta instituição consistiu na setorização das salas em faixas longitudinais - representadas nas plantas. O item Eart foi obtido à partir da medição simultânea de cinco pontos em cada sala, com portas e janelas fechadas e luz artificial acesa/ apagada. A média dos níveis levantados são apresentados nas plantas. A sala em análise possui janelas na fachada SE e recebe radiação solar durante todo o dia no verão. Apresenta influência da iluminação natural em todo seu interior; entretanto, níveis elevados podem causar brilho excessivo e desconforto visual durante parte do dia. O sistema de iluminação artificial apresenta índices baixos de iluminância.

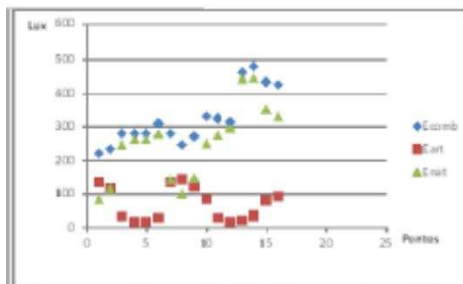
Conclusão: apesar da sala de aulas ter a predominância da iluminação natural, os níveis de iluminância levantados apresentam desuniformidade que pode tornar dificultosa a realização de atividades visuais no ambiente. O sistema de iluminação artificial é muito aquém do mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

020M2- SI 03

Ponto	S3(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	219	135,6	84	38%
E02	234	118,3	115	49%
E03	278	31,3	246	89%
E04	279	16,8	263	94%
E05	277	14,9	262	95%
E06	309	28,3	281	91%
E07	279	134,7	144	52%
E08	246	144,4	101	41%
E09	271	123,5	148	54%
E10	330	82,1	248	75%
E11	323	29,5	274	85%
E12	312	14,8	297	95%
E13	463	20,3	442	96%
E14	478	34,4	444	93%
E15	433	80,9	352	81%
E16	425	93,6	331	78%
Máx=	478	144,4	444	93%
mín=	219	14,8	84	38%
X (méd)=	322	69,0	252	78%
DP (DesvpadP)=	80	48,4	108	135%
IC=	25%	70,2%	43%	172%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 e 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: esta sala de aulas apresenta níveis baixos de iluminância natural em dias de céu e sol encobertos, embora a contribuição da luz natural no ambiente seja um fator favorável. Analisando-se Ecomb pode-se verificar o predomínio de iluminância de luz natural com relação à iluminância do sistema de luz artificial. A luz artificial, por sua vez, apresenta erros bastante graves em seu dimensionamento e periodicidade de manutenção no sistema, revelando níveis de iluminância extremamente baixos.

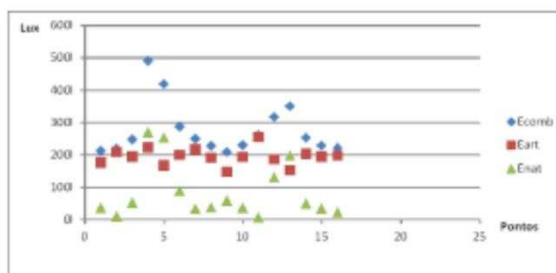
Conclusão: a sala de aula recebe grande influência da radiação solar em seu interior, uma vez que a fachada de janelas é voltada para o pátio aberto da instituição. Em situações de dias claros de verão ou em época de equinócio, tal orientação pode causar problemas relacionados com brilho excessivo e ofuscamento. Os dispositivos de proteção solar empregados não são eficazes para o controle dos raios solares diretos no interior da sala (incorreto emprego de dispositivo de proteção solar). O sistema de iluminação artificial é falho, possuindo níveis extremamente baixos de iluminância (falhas projetuais de luminotecnica), o que inviabiliza atividades visuais à noite.

(Continuação)

020M2- SI 04

Ponto	S4(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	212	175,7	36	17%
E02	218	208,0	10	5%
E03	247	194,0	53	21%
E04	491	222,0	269	55%
E05	419	166,8	252	60%
E06	287	199,0	88	31%
E07	249	216,0	33	13%
E08	227	190,0	37	16%
E09	207	148,6	59	28%
E10	229	193,0	36	16%
E11	261	255,0	6	2%
E12	317	186,0	131	41%
E13	350	153,1	197	56%
E14	253	203,0	50	20%
E15	228	194,0	34	15%
E16	220	197,0	23	11%
Máx=	491	255,0	269	55%
min=	207	148,6	6	3%
X (méd)=	276	193,8	82	30%
DP (DesvpodP)=	78	25,2	82	104%
IC=	28%	13,0%	100%	350%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: a contribuição da luz natural em pontos afastados das janelas é baixíssima, sendo maiores nos pontos que fazem a fachada com aberturas (pontos E04, E05, E12 e E13). O sistema de iluminação artificial não atende ao mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 e a análise de Ecomb verificou que a iluminação da sala de aula também está abaixo do recomendado por norma.

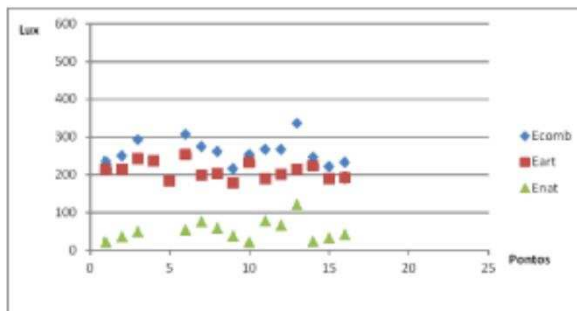
Conclusão: a influência da radiação solar na sala de aula é baixa devido à proximidade de um talude junto à fachada NO. Tal situação, aliada a iluminação artificial insuficiente, são consequências da falta de uma análise técnica na implantação do projeto e de falha no sistema de iluminação artificial (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnica).

(Continuação)

020M2- SI 06

Ponto	S6(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	235	215,0	20	9%
E02	250	215,0	35	14%
E03	292	243,0	49	17%
E04	1577	236,0	1341	85%
E05	965	184,0	781	81%
E06	306	254,0	52	17%
E07	275	199,0	76	28%
E08	262	202,0	60	23%
E09	216	177,9	38	18%
E10	253	233,0	20	8%
E11	267	189,5	77	29%
E12	267	200,0	67	25%
E13	336	215,0	121	36%
E14	247	224,0	23	9%
E15	221	190,0	31	14%
E16	233	192,0	41	17%
Máx=	1577	254,0	1341	85%
mín=	216	177,9	20	9%
X (méd)=	388	210,6	177	46%
DP (DesvpadP)=	352	21,8	349	99%
IC=	91%	10,4%	197%	217%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



* valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

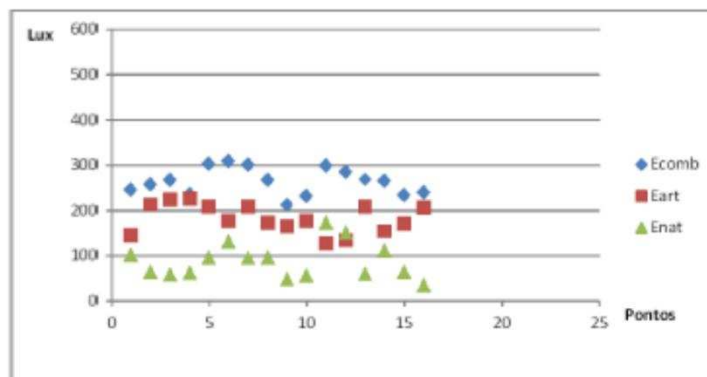
Análise: uma situação semelhante à análise anterior é observada nesta sala de aulas, uma vez que nos dois casos a orientação e implantação das salas são próximas. Entretanto, a sala 06 apresenta uma contribuição de luz natural um pouco maior que o caso anterior. O sistema de iluminação artificial apresenta muita desuniformidade e não atende ao mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1. A análise de Ecomb indica que a iluminação desta sala atende ao mínimo recomendado por norma.

Conclusão: embora o sistema de iluminação artificial seja falho e a contribuição de luz natural seja baixa, a análise de Ecomb indica que a junção das iluminâncias natural e artificial atinge um índice satisfatório de iluminação na sala de aula em questão. Entretanto, vale ressaltar a desuniformidade de iluminância entre os pontos levantados, o que não é uma situação favorável para a realização de tarefas visuais (falhas projetuais arquitetônicas).

(Continuação)
020M2- SI 07

Ponto	S7 (E: IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	246	145,0	101	41%
E02	258	213,0	64	25%
E03	267	224,0	58	22%
E04	236	226,0	61	26%
E05	303	208,0	95	31%
E06	308	177,3	131	42%
E07	302	208,0	94	31%
E08	267	172,0	95	36%
E09	212	164,0	48	23%
E10	232	177,0	55	24%
E11	300	127,0	173	58%
E12	286	134,0	152	53%
E13	268	208,0	60	22%
E14	265	154,0	111	42%
E15	234	171,0	63	27%
E16	240	206,0	34	14%
Máx=	308	226,0	173	56%
mín=	212	127,0	34	16%
X (méd)=	264	182,1	87	33%
DP (DesvpadP)=	29	31,0	38	133%
IC=	11%	17,0%	43%	402%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: a presença de dispositivos de proteção solar internos (cortina do tipo *blackout*) é uma constante na sala de aula, de modo que a iluminância oriunda da luz natural seja muito baixa em muitos pontos do ambiente. O sistema de iluminação artificial não atende ao mínimo recomendado pela NBR ISO 8995-1 e a análise de Ecomb indica que a iluminação da sala não atende adequadamente ao mínimo recomendado por norma.

Conclusão: a utilização quase permanente do uso de dispositivos de proteção solar internos (cortina do tipo *blackout*) indica o quanto a radiação solar direta influencia na sala de aula. O dispositivo de proteção, ao mesmo tempo que bloqueia a incidência solar direta - de acordo com os valores obtidos, não permite que a iluminância oriunda da luz natural atinja níveis satisfatórios para uma iluminação adequada. O sistema de iluminação artificial é falho, uma vez que não atende ao mínimo estipulado por norma - tornando mais difíceis as tarefas visuais (falhas projetuais de luminotecnia).

(Continuação)

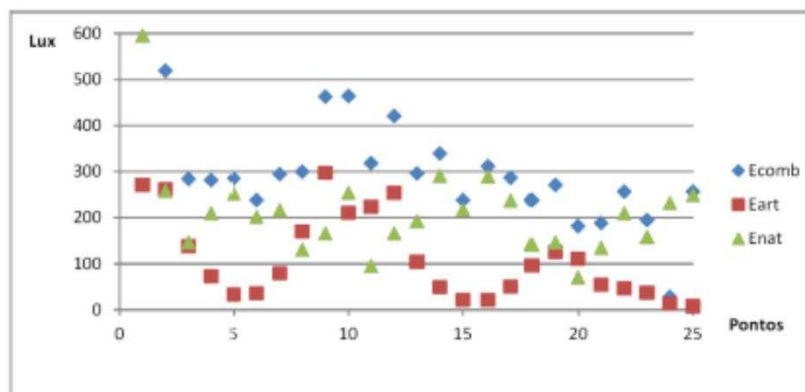
028E4 - S1 01

Ponto	S1(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	866	271,0	595	69%
E02	518	261,0	257	50%
E03	284	137,9	146	51%
E04	282	72,4	209	74%
E05	286	33,2	253	88%
E06	238	36,1	202	85%
E07	295	78,7	216	73%
E08	300	169,4	131	44%
E09	463	297,0	166	36%
E10	464	210,0	254	55%
E11	318	224,0	94	30%
E12	420	254,0	166	40%
E13	296	104,1	192	65%
E14	340	49,5	290	85%
E15	239	21,7	217	91%
E16	311	21,8	289	93%
E17	287	50,5	236	82%
E18	238	96,9	141	59%
E19	271	124,7	146	54%
E20	282	111,4	70	39%
E21	189	54,0	135	71%
E22	256	46,2	210	82%
E23	195	37,0	158	81%
E24	28	13,6	232	822%
E25	257	8,0	249	97%
Máx=	866	297,0	595	69%
mín=	28	8,0	70	249%
X (méd)=	313	111,4	210	67%
DP (DesvpadP)=	150	89,6	97	65%
IC=	94%	94,8%	79%	84%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto

Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: apesar da fachada de janelas estar ao lado de corredor aberto e coberto de salas, a janela dos fundos consegue ter uma visão parcial de céu. Tal fato justifica a contribuição da luz natural na sala de aula. O sistema de iluminação artificial não atende aos padrões mínimos estipulados por norma. A análise em conjunto das duas iluminâncias, natural e artificial, atingem o valor estipulado pela NBR ISO8995-1.

Conclusão: embora o valor associado para Ecomb seja recomendado por norma, a desuniformidade de iluminância entre os pontos é um fator agravante. Conclui-se que o sistema de iluminação artificial é falho e a escolha do revestimento das paredes do interior da sala é equivocada (tijolo aparente em cor terrosa), prejudicando a reflexão da luz no interior do ambiente (falhas projetuais arquitetônicas e de luminotecnia).

(Continuação)

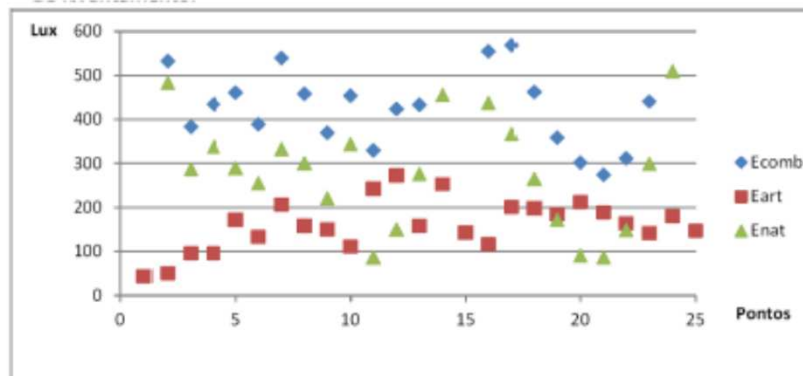
028E4 - S1 05

Ponto	S5(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	1262	44	1219	97%
E02	533	50	483	91%
E03	383	96	287	75%
E04	434	96	337	78%
E05	461	172	289	63%
E06	389	133	256	66%
E07	540	207	333	62%
E08	458	158	301	66%
E09	370	149	221	60%
E10	454	111	343	76%
E11	329	243	86	26%
E12	424	273	151	36%
E13	433	158	275	64%
E14	708	253	455	64%
E15	1239	143	1096	88%
E16	554	117	437	79%
E17	568	201	367	65%
E18	462	198	264	57%
E19	358	185	173	48%
E20	302	212	90	30%
E21	275	188	87	32%
E22	312	163	149	48%
E23	441	142	299	68%
E24	690	181	509	74%
E25	1347	147	1200	89%
Máx=	1347	273	1219	90%
mín=	275	44	86	31%
X (méd)=	549	161	388	71%
DP (DesvpadP)=	291	56	312	107%
IC=	66%	72,5%	87%	131%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto

Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: a sala apresenta considerável contribuição da luz natural em seu interior, o que contribui para que o valor médio encontrado para Ecomb seja considerado adequado para a realização de atividades visuais no local. Entretanto, o sistema de iluminação artificial não atende aos padrões mínimos estipulados por norma.

Conclusão: embora para a maior parte dos pontos o valor de Ecomb e o valor de Enat estejam dentro do recomendado por norma, é observada a desuniformidade de iluminância entre os pontos. A fachada SE é voltada para o parquinho aberto da instituição, o que favorece na contribuição de luz natural na sala de aula. Os pontos próximos às aberturas são os mais favorecidos pela radiação solar. Ao longo do ano, a sala poderá sofrer problemas relacionados com o brilho excessivo no quadro negro. O dispositivo de proteção empregado (cortinas do tipo *blackout*) resulta em um ambiente dependente da luz artificial. Este, por sua vez, é falho, não atingindo o mínimo recomendado pela NBR ISO8995-1 (incorreta utilização de dispositivos de proteção solar/ falhas projetuais de luminotecnica).

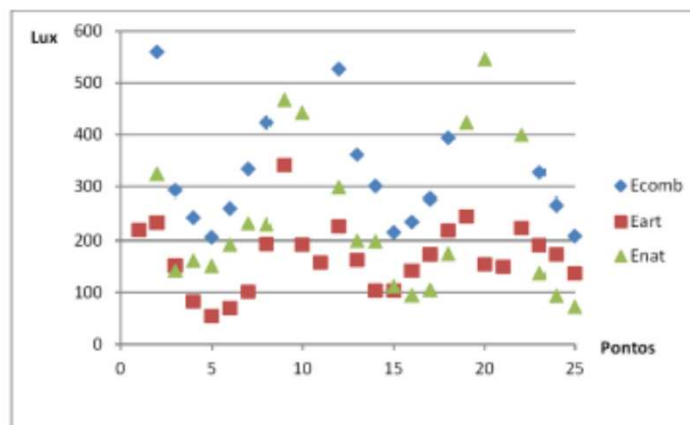
(Continuação)
028E4 - S1 10

Ponto	S10(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	1870	220,0	1650	88%
E02	560	235,0	325	58%
E03	294	151,6	142	48%
E04	243	82,1	161	66%
E05	206	54,9	151	73%
E06	262	70,2	192	73%
E07	334	101,7	232	70%
E08	423	193,0	230	54%
E09	809	342,0	467	58%
E10	634	192,0	442	70%
E11	1601	157,9	1443	90%
E12	528	228,0	300	57%
E13	362	162,9	199	55%
E14	302	104,1	198	65%
E15	216	103,9	112	52%
E16	236	142,1	94	40%
E17	278	173,5	105	38%
E18	394	219,0	175	44%
E19	669	246,0	423	63%
E20	700	154,2	546	78%
E21	1039	149,5	890	86%
E22	624	224,0	400	64%
E23	328	191,0	137	42%
E24	267	173,4	94	35%
E25	209	137,1	72	34%
Máx=	1870	342,0	1650	88%
mín=	206	54,9	72	35%
X(méd)=	535	168,4	367	69%
DP (DesvpadP)=	413	63,1	393	95%
IC=	80%	72,3%	92%	114%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto

Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: a sala é influenciada pela radiação solar direta principalmente no período da tarde. Os pontos mais próximos das aberturas recebem maior radiação. O sistema de iluminação artificial não atende ao mínimo recomendado por norma. A análise de Ecomb verificou que a sala possui uma iluminância média adequada, embora exista a desuniformidade de iluminância entre os pontos levantados.

Conclusão: a desuniformidade de iluminância entre os pontos é consequência do incorreto emprego de dispositivos de proteção solares (cortinas do tipo *blackout*) e de falhas projetuais de luminotecnica.

(Continuação)

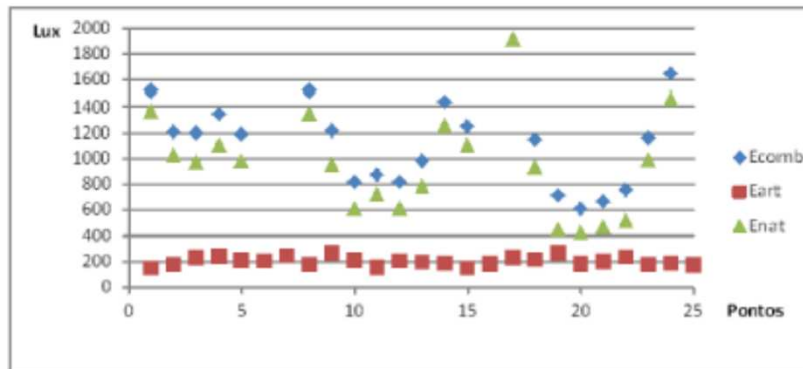
028M2A - SI 01

Ponto	S1(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	1519	150,5	1369	90%
E02	1206	175,7	1031	85%
E03	1200	228,0	972	81%
E04	1345	240,0	1105	82%
E05	1189	212,0	977	82%
E06	4954	206,0	4748	96%
E07	2409	242,0	2167	90%
E08	1520	175,3	1344	88%
E09	1219	267,0	952	78%
E10	818	209,0	609	74%
E11	873	152,2	721	83%
E12	818	205,0	613	75%
E13	981	194,0	787	80%
E14	1437	185,2	1252	87%
E15	1252	146,8	1105	88%
E16	3209	184,2	3024	94%
E17	2146	230,0	1916	89%
E18	1145	216,0	929	81%
E19	716	265,0	451	63%
E20	612	183,5	429	70%
E21	665	198,0	467	70%
E22	755	234,0	521	69%
E23	1163	175,3	987	85%
E24	1643	186,9	1461	89%
E25	2603	171,9	2431	93%
Máx=	4954	267,0	4748	96%
mín=	612	146,8	429	70%
X (méd)=	1496	201,3	1295	87%
DP (DesvpadP)=	944	32,6	946	100%
IC=	63%	16,2%	73%	116%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto

Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 2000 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: a sala é influenciada pela radiação solar direta na parte da manhã ao longo do ano, especialmente de setembro a março. Embora a iluminação artificial não atinja os níveis recomendados por norma, ela poderia até mesmo ser desconsiderada no período de aulas diurno e vespertino - se não fosse o ofuscamento gerado pela radiação direta no ambiente.

Conclusão: o excesso de radiação solar direta na sala de aula provoca consequências desagradáveis aos usuários, tais como ofuscamento e aumento da carga térmica no ambiente. Os dispositivos de proteção solar empregados (cortinas do tipo *blackout*) bloqueiam totalmente a luz natural, fazendo com que a sala se torne dependente do sistema de iluminação artificial - que, apesar de uniforme, não é suficiente para a realização de atividades visuais em período noturno (incorreto emprego de dispositivos de proteção solares /falhas projetuais de luminotecnica).

(Continuação)

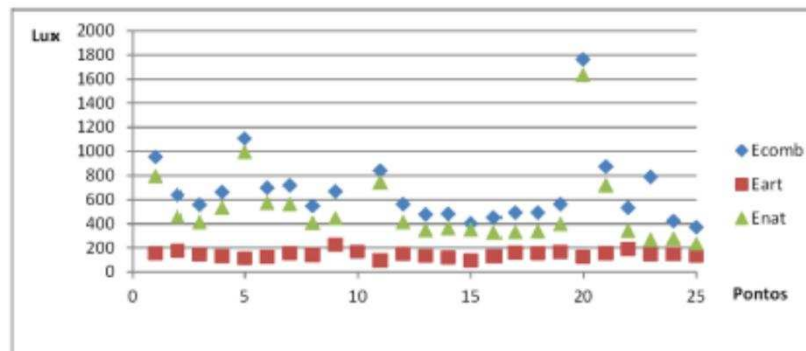
028M2A - SI 05

Ponto	S5(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	954	158,5	796	83%
E02	639	176,4	462	72%
E03	558	146,2	412	74%
E04	664	130,7	533	80%
E05	1109	113,2	996	90%
E06	698	127,1	571	82%
E07	719	154,3	564	78%
E08	550	141,3	408	74%
E09	671	226,3	445	66%
E10	2687	168,3	2518	94%
E11	841	96,8	745	88%
E12	565	151,5	414	73%
E13	478	132,7	345	72%
E14	484	122,5	362	75%
E15	402	94,8	353	88%
E16	455	129,5	325	72%
E17	492	162,2	329	67%
E18	492	154,2	337	69%
E19	562	166,2	396	70%
E20	1762	128,3	1634	93%
E21	874	153,3	721	82%
E22	532	190,3	342	64%
E23	788	145,3	265	34%
E24	424	148,7	275	65%
E25	370	135,3	235	64%
Máx=	2687	226,3	2518	94%
mín=	370	94,8	235	64%
X (méd)=	751	146,2	591	79%
DP (DesvpadP)=	487	27,8	490	101%
IC=	65%	18,9%	83%	128%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto

Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 2000 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: Com exceção do nível de iluminância médio observado no sistema de iluminação artificial que é insuficiente de acordo com o mínimo estipulado pela NBR ISO8995-1, a análise de Enat e Ecomb verificou níveis adequados de iluminação na sala de aula, com variações de iluminância maiores nos pontos localizados próximos às aberturas.

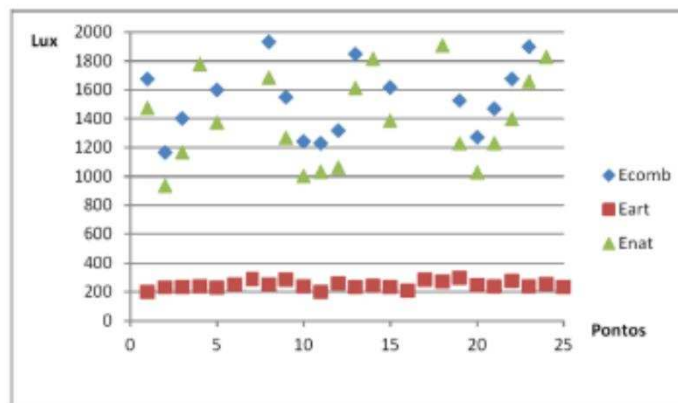
Conclusão: embora, aparentemente, a sala pudesse sofrer redução de iluminância oriunda da luz natural devido à edificação em anexo próximo à fachada de aberturas, os valores encontrados para Enat comprovam que a luz natural é predominante no ambiente. Além disso, o bloqueio parcial da luz natural através da cobertura de policarbonato do bloco anexo reduz a incidência de raios solares diretos no ambiente, reduzindo assim as chances de ofuscamento na sala de aula. O sistema de iluminação artificial apesar de uniforme é insuficiente, de acordo com o mínimo estipulado por norma (falhas projetuais de luminotecnia).

(Continuação)
028M2A - SI 09

Ponto	S9(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	1675	202,0	1473	88%
E02	1165	231,0	934	80%
E03	1400	235,0	1165	83%
E04	2015	239,0	1776	88%
E05	1600	229,0	1371	86%
E06	5225	252,0	4973	95%
E07	3310	288,0	3022	91%
E08	1933	249,0	1684	87%
E09	1550	283,0	1267	82%
E10	1240	238,0	1002	81%
E11	1230	198,0	1032	84%
E12	1318	259,0	1059	80%
E13	1848	234,0	1614	87%
E14	2058	243,0	1815	88%
E15	1619	233,0	1386	86%
E16	4456	210,0	4246	95%
E17	2595	285,0	2310	89%
E18	2178	270,0	1908	88%
E19	1526	299,0	1227	80%
E20	1270	246,0	1024	81%
E21	1468	239,0	1229	84%
E22	1675	275,0	1400	84%
E23	1897	239,0	1658	87%
E24	2079	253,0	1826	88%
E25	2530	234,0	2296	91%
Máx=	5225	299,0	4973	95%
min=	1165	198,0	934	80%
X (méd)=	2034	246,5	1788	88%
DP (DesvpadP)=	965	25,3	964	100%
IC=	47%	10,3%	54%	114%

Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto
Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 2000 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

Análise: localizada acima da sala 01 do pavimento térreo, essa sala possui análise semelhante, com índices mais elevados relacionados com a contribuição da luz natural no ambiente - uma vez que possui maior visão de céu que na sala de baixo. A iluminação artificial também não está dentro dos valores estipulado por norma, embora essa seja essencial apenas em atividades noturnas.

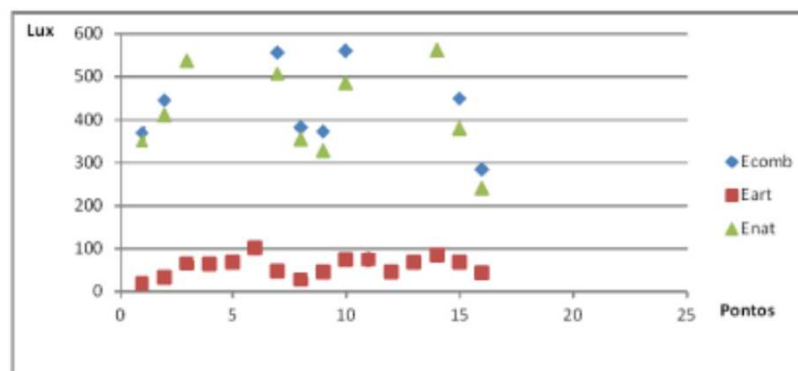
Conclusão: conforme análise da sala 01 do pavimento térreo, o excesso de radiação solar direta na sala de aulas provoca consequências desagradáveis aos usuários, tais como ofuscamento e aumento da carga térmica no ambiente. Os dispositivos de proteção solar empregados (cortinas do tipo *blackout*) bloqueiam totalmente a luz natural, fazendo com que a sala se torne dependente do sistema de iluminação artificial que não é suficiente para a realização de atividades visuais noturnas (incorreto emprego de dispositivos de proteção solares /falhas projetuais de luminotecnica).

(Continuação)

028M2B- SI 02

Ponto	S2(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	370	18,4	351	95%
E02	445	33,7	411	92%
E03	603	65,3	537	89%
E04	1292	64,2	1227	95%
E05	1899	67,7	1831	96%
E06	1003	101,6	901	90%
E07	555	48,1	507	91%
E08	382	27,8	354	93%
E09	372	45,1	327	88%
E10	560	75,3	485	87%
E11	946	74,3	872	92%
E12	1964	46,1	1918	98%
E13	2081	68,5	2013	97%
E14	647	85,2	562	87%
E15	449	69,1	380	85%
E16	284	43,3	241	85%
Máx=	2081	101,6	2013	97%
mín=	284	18,4	241	85%
X (méd)=	866	58,4	807	93%
DP (DesvpadP)=	596	21,4	589	99%
IC=	69%	36,6%	73%	106%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: embora a sala seja ladeada pelo muro de divisa da instituição com a rua, ela possui janelas altas que garantem a grande contribuição da luz natural no ambiente. Entretanto, a discrepância entre os valores de Enat e Eart trazem como consequência a desuniformidade da luz no interior da sala de aula.

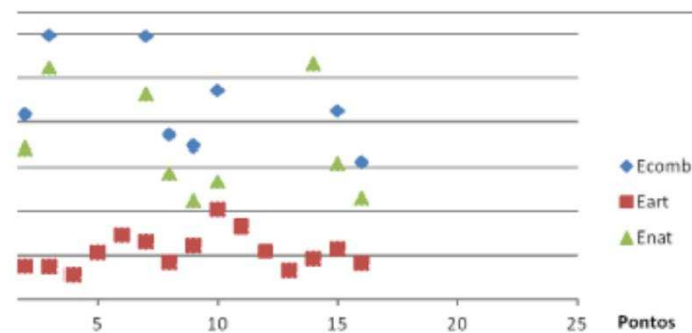
Conclusão: de projeto centenário, a sala de aula é favorecida pela qualidade arquitetônica observada na orientação da sala e janelas, garantindo a contribuição da luz natural no período da manhã no ambiente. Os pontos mais favorecidos pela luz natural localizam-se próximos às aberturas. Entretanto, os níveis de iluminação encontrados para o sistema de iluminação artificial são baixíssimos, demonstrando a negligência do sistema que pode acarretar em sérios prejuízos à visão do usuário que utilizam o ambiente em período noturno (falhas projetuais de luminotecnica).

(Continuação)

028M2B- SI 06

Ponto	56(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	292	46,5	245	84%
E02	416	74,5	342	82%
E03	597	73,3	523	88%
E04	1832	55,3	1777	97%
E05	1298	105,7	1193	92%
E06	901	145,5	756	84%
E07	594	131,4	463	78%
E08	370	84,3	286	77%
E09	346	122,6	223	65%
E10	471	203,0	268	57%
E11	1354	165,1	1189	88%
E12	1835	109,2	1726	94%
E13	1263	65,2	1198	95%
E14	624	91,2	533	85%
E15	424	114,7	309	73%
E16	312	82,1	230	74%
Máx=	1835	203,0	1777	97%
mín=	292	46,5	223	76%
X (méd)=	808	104,4	704	87%
DP (DesvpadP)=	519	40,7	522	100%
IC=	64%	39%	74%	115%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



sendo medidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados como critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: assim como na análise anterior, a sala é altamente favorecida pela radiação solar na parte da manhã, que contribui com níveis adequados de iluminância no interior do ambiente, sendo esses valores mais altos nos pontos próximos às aberturas. Mais uma vez, o sistema de iluminação artificial não apresenta níveis de iluminância satisfatórios, contribuindo para a desuniformidade de iluminância entre os pontos, principalmente àqueles que são menos favorecidos pela luz natural (pontos E01, E08, E09 e E16).

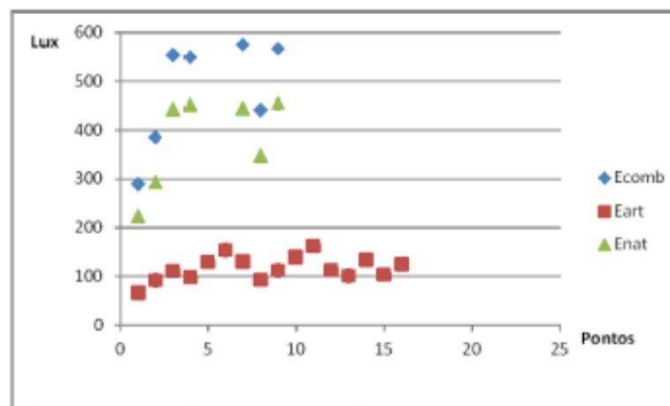
Conclusão: situação semelhante a da sala 02 ocorre nesta sala: o ambiente é favorecido pela qualidade arquitetônica observada na orientação da sala e janelas, garantindo a contribuição da luz natural no período da manhã. Os pontos mais favorecidos pela luz natural localizam-se próximos às aberturas. Embora a sala tenha a largura maior do que seu comprimento, tal arranjo espacial ainda garantiu níveis adequados de iluminância natural no ambiente - devido à configuração das janelas. Entretanto, os índices de iluminância encontrados para o sistema de iluminação artificial são alarmantes, demonstrando a negligência do sistema que pode acarretar em sérios prejuízos à visão do usuário que utilizam o ambiente em período noturno (falhas projetuais de luminotecnica).

(Continuação)

028M2B- SI 07

Ponto	S7(E; IC<15%)			Contribuição Enat no ponto (%)
	Ecomb	Eart	Enat	
E01	289	65,9	223	77%
E02	385	91,5	294	76%
E03	553	110,8	443	80%
E04	549	98,2	451	82%
E05	1182	129,2	1053	89%
E06	1607	153,5	1020	63%
E07	575	129,9	445	77%
E08	441	92,4	348	79%
E09	567	111,9	455	80%
E10	829	138,6	690	83%
E11	1044	162,4	881	84%
E12	1602	112,6	1489	93%
E13	2573	101,2	2472	96%
E14	1330	133,6	1196	90%
E15	1175	103,6	1071	91%
E16	815	124,4	691	85%
Máx=	2573	162,4	2472	96%
mín=	289	65,9	223	77%
X (méd)=	970	116,2	826	85%
DP (DesvpadP)=	581	24,0	555	95%
IC=	60%	20,7%	67%	112%

* valores médios verificados durante todos os dias, nas duas fases de levantamento.



*valores compreendidos entre 0 a 600 lux. Valores superiores não foram considerados de acordo com o critério de análise.

**Condição de céu: claro/
parcialmente encoberto**

**Condição de sol: claro/
parcialmente encoberto**

Análise: assim como nas duas situações anteriores, a sala é privilegiada pela contribuição da luz natural e, nesse caso em especial, recebe maior contribuição por ter duas fachadas perpendiculares com janelas. Com essa configuração e considerando a orientação, a sala é provida de luz natural durante os períodos da manhã e tarde por todo o ano. O sistema de iluminação artificial não atende ao mínimo estipulado pela NBR ISO8995-1.

Conclusão: o fato da sala de aulas possuir duas fachadas com janelas em perpendicular pode ocasionar brilho excessivo no ambiente, situação tal que não é totalmente solucionada com os dispositivos de proteção solar empregados na atualidade (vidros translúcidos e cortinas em tecido fino marrom escuro). O sistema de iluminação artificial não garante um nível mínimo de iluminância para a realização de atividades visuais noturnas (incorreto emprego de dispositivos de proteção solares / falhas projetuais de luminotecnia).