



AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA: ESTUDO DE CASO – ESCOLAS PÚBLICAS DE TERESINA-PI

RAMOS, Daniela de Queiroz (1); PORTO, Maria Maia (2);

- (1) Arquiteta, Mestra em Arquitetura e Urbanismo, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Instituto Camillo Filho – Teresina – PI. E-mail: jpram@triade.com.br
(2) Arquiteta, Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – RJ. E-mail: mariamaia@proarq.ufrj.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar a eficiência da iluminação natural que penetra no interior de salas de aula de escolas públicas de Teresina-PI.

Após a escolha das escolas e salas de aula, o primeiro procedimento foi verificar os valores de FLD (Fator de Luz do Dia) nos diversos pontos pré-estabelecidos nas salas escolhidas (de acordo com a NBR 15215-3 – ABNT, 2005).

Para a análise, foi estabelecido um valor fixo de 25.000 lux para o céu de Teresina, através da utilização do software Radlite, que possui valores pré-determinados segundo Dogniaux, para iluminância do céu para dias nublados no decorrer do ano, de vários pontos do país. Este valor equivale a aproximadamente 50% das horas de utilização dos ambientes em estudo. As escolas funcionam no período da manhã de 8:00 às 12:00 e no período da tarde das 13:00 às 17:00h, ou seja, iluminância de 25.000 lux turno da manhã, entre 10:00 às 12:00h e turno da tarde entre 13:00 às 15:00h.

A análise foi feita comparando os valores de iluminância encontrada, com os valores estabelecidos pela NBR 5413, em ambientes escolares, possibilitando assim critérios para avaliação e recomendações para melhoria das mesmas.

Palavras-chave: arquitetura, conforto ambiental, iluminação natural, escolas.

1. INTRODUÇÃO

Uma das queixas mais freqüentes a respeito da qualidade do ambiente escolar é a questão da iluminação, tanto a artificial quanto a natural. As escolas são ambientes onde crianças e adolescentes passam grande parte de seu tempo executando tarefas e adquirindo conhecimentos. Por isso há a necessidade de proporcionar condições ideais para este desenvolvimento, de maneira a estimular de forma satisfatória e prazerosa o aprendizado de seus alunos.

O conforto visual do usuário de um ambiente construído depende essencialmente da iluminação tanto natural como artificial. A iluminação artificial vem suprir a falta da iluminação natural no período noturno e complementar a luz natural durante o dia, quando esta for insuficiente para a realização de tarefas cotidianas. Esta iluminação deve ser proporcional ao tipo de atividade realizada em cada ambiente, sendo ela suficiente para se obter uma boa definição de cores, ausência de ofuscamento, contraste, etc.

Pouco se faz no sentido de combinar a iluminação natural com a artificial, através do projeto arquitetônico, ou seja, utilização de janelas adequadas, telhas translúcidas, iluminação zenital, uso de domus, além de revestimentos claros nos ambientes que ajudam a reflexão da luz. Uma aprimorada revisão nas técnicas construtivas vigentes e a adoção de partidos arquitetônicos adaptados à realidade brasileira, visando o aproveitamento da luz natural em escolas, além de elevarem o nível de conforto nessas edificações conduzirão, evidentemente, a uma sensível economia de energia.

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência da iluminação natural em salas de aula em escolas públicas existentes em Teresina-PI. Para isso, fez-se necessário caracterizar o sistema de

iluminação natural existente nessas, além de um levantamento minucioso das características físicas/construtivas – cores, texturas, tipos de revestimentos das paredes, pisos, teto, tipos de aberturas, mobiliários, disposição de lay-out – das mesmas.

O primeiro procedimento baseou-se em medições com o uso de aparelhos apropriados (luxímetros), utilizando o modelo de medição estabelecido pela NBR 15215-3 – ABNT – 2005, em seguida, usando o software Radlite que nos forneceu os valores de céu encoberto nas várias estações do ano, estabeleceu-se o valor de 25.000 lux como valor de céu padrão (em dias nublados) para o céu de Teresina.

Após obtenção desses dados, foram feitas análises arquitetônicas quanto à penetração da luz natural nessas salas de aula, através da obtenção de suas respectivas curvas isoFLD, que foram correlacionadas aos valores da NBR 5413 que estabelece valores de iluminação mínimos apropriados à execução de tarefas em interiores de edificações.

Este trabalho foi encerrado com a obtenção de recomendações arquitetônicas e de luminotécnica para melhorar, de forma eficiente, as condições de iluminação e aproveitamento da luz natural nesses ambientes.

2. METODOLOGIAS APLICADAS

O primeiro método aplicado para avaliar a luz natural nas salas de aula estudadas neste trabalho foi baseado em medições com a utilização de luxímetros¹, através de pontos suficiente que caracterizassem a distribuição de iluminância nessas salas, para isso, foram utilizados os procedimentos encontrados na NBR 15215-3 – ABNT – 2005, que será mostrado a seguir.

Os pontos internos devem ser determinados em um número mínimo necessários para verificação do nível de iluminação natural, que ofereça um erro inferior a 10%. Para isso, deve-se determinar o Índice do Local (K) pela expressão, de acordo com a expressão abaixo, e recorrer à tabela 1 a seguir:

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m (C+L)}$$

Equação 01

Onde:

L é a largura do ambiente, em metros (m);

C é o comprimento do ambiente, em metros (m);

H_m é a distância vertical em metros entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros (m),

K	Nº de Pontos
K < 1	9
1 ≤ K < 2	16
2 ≤ K < 3	25
K ≥ 3	36

Tabela 01: Índice Local (K)

Este índice determina um número mínimo de pontos internos a serem medidos, podendo ser aumentados caso necessite uma melhor caracterização da iluminância do ambiente.

Quando o peitoril da janela estiver a mais de um metro acima do plano de trabalho, deve-se tomar H_m como a distância vertical entre a superfície de trabalho e o peitoril (H'_m) (figura 01).

A malha de pontos para a medição do ambiente interno deve ser dividida em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado, onde a iluminância E é medida no centro de cada área, onde, deve-se planejar a malha evitando pontos muito próximos às paredes. Para isto, recomenda-se um afastamento mínimo de 0,50 m e, sempre que possível, tentar igualar ou aproximar as distâncias entre os pontos na vertical e horizontal.

¹ Aparelho apropriado para medir o valor de iluminância em um determinado ponto.

A cada ponto medido internamente, deve-se medir no mesmo instante consecutivo, a iluminância externa utilizando outro aparelho de luxímetro, este a uma altura equivalente a uma mesa de trabalho e permanecendo sempre no mesmo lugar e posição em um espaço externo desobstruído.

2.1. Simulação Computacional – O Software Radlite

Para análise e recomendações do nível e eficiência da luz natural nas salas de aula estudadas, foi utilizado o software Radlite que teve como objetivo fornecer os valores de iluminância para dias de céu encoberto para a cidade de Teresina, nas quatro estações do ano (ver tabela 01)

Tabela 01: Valores de iluminância externa em dias de céu encoberto, estabelecidos pelo software Radlite.

Horário	Iluminância externa	Horário	Iluminância externa
8:00	15.018	13:00	32.165
9:00	22.143	14:00	28.272
10:00	28.097	15:00	22.374
11:00	32.071	16:00	15.275
12:00	33.496	17:00	7.862

Suas simulações baseiam-se nos valores estabelecidos pelo modelo de Dogniaux, que “considera razoavelmente as condições reais de céu e a disponibilidade do recurso solar para uma localidade qualquer, sendo conhecida sua posição geográfica e o clima predominante da região” (CASTRO: 1996, pág. 82).

O modelo de Dogniaux foi desenvolvido para o CIE em 1967, e é considerado o primeiro grande modelo de predição de iluminação natural já desenvolvido. Este permite o cálculo das componentes diretas, difusas e refletidas externa da radiação (W/m^2) e iluminamentos solares (lux), sobre superfícies com qualquer inclinação ou orientação.

De acordo com CASTRO (1996, pág. 24) “nos cálculos de Iluminação Natural, a maior dificuldade encontrada é a de se estabelecer teoricamente, as condições de céu e disponibilidade de sol para um dado local ou região (...). Uma solução para este problema é a medição detalhada da disponibilidade de luz natural para um certo local, de modo que, de posse destes dados, possa-se estabelecer um modelo estatístico preciso para as condições de céu e sol ao longo de todo ano”.

Todas as medições foram realizadas em dias de céu encoberto, de modo a não trazer distorção nos resultados quanto à orientação das aberturas das salas de aulas.

No decorrer das medições, foram verificados valores de iluminação externa bastante variados, que se deve aos horários de medições. Esta variação de iluminação externa está associada à interna. Neste momento o benefício da adoção do FLD se confirma, correspondendo a um indicativo constante, além de referência para a avaliação da eficiência arquitetônica na captação de luz.

2.2. A NBR 5413 – Iluminância de Interiores

A NBR 5413 é a norma que estabelece os valores de iluminâncias mínimas em serviço para iluminação artificial, em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esportes entre outras. Estabelecendo que a iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, deve-se usar com referência em plano horizontal a 0,75m do piso. Para ambientes escolares, esta norma estabelece 300 lux para salas de aula e trabalhos manuais e 500 lux para quadro de giz

Após todos os levantamentos e medições realizados através das metodologias descritas anteriormente, será mostrado a eficiência da luz natural nas salas de aula pela penetração desta através das aberturas laterais e zenitais das respectivas salas.

3. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DOS LEVANTAMENTOS E MEDIÇÕES

Para este estudo, foram analisadas diversas salas de aulas em escolas de características distintas, onde, em consideração foram levados, o ano de construção, (de acordo com os aspectos construtivos característicos da época, além dos materiais internos utilizados), localização (foram analisadas escolas de regiões distintas da cidade), sua importância na região implantada (seja ela histórico ou sócio/cultural), tipos de aberturas apresentadas: laterais e zenitais. Aqui, será mostrada a análise de três dessas salas de aulas estudadas.

3.1. O Nível de Iluminação Natural nas Salas de Aula

A escola mais antiga escolhida para este estudo foi a Unidade Escolar Mathias Olímpio, situada no bairro Cabral, Teresina-PI, e inaugurada em 1928 (salas padrão 01), hoje tombada pelo patrimônio do estado. Nesta, foram analisados dois padrões de salas de aula, pois no ano de 1974 esta escola foi ampliada e assim, construídas algumas novas salas, seguindo características construtivas diferentes das demais (salas padrão 02).

A seguir, planta, corte e desenho esquemático das aberturas laterais e tabela 02 contendo os valores de FLD nos 16 pontos estabelecidos pelas medições (figuras 01, 02 e 03).

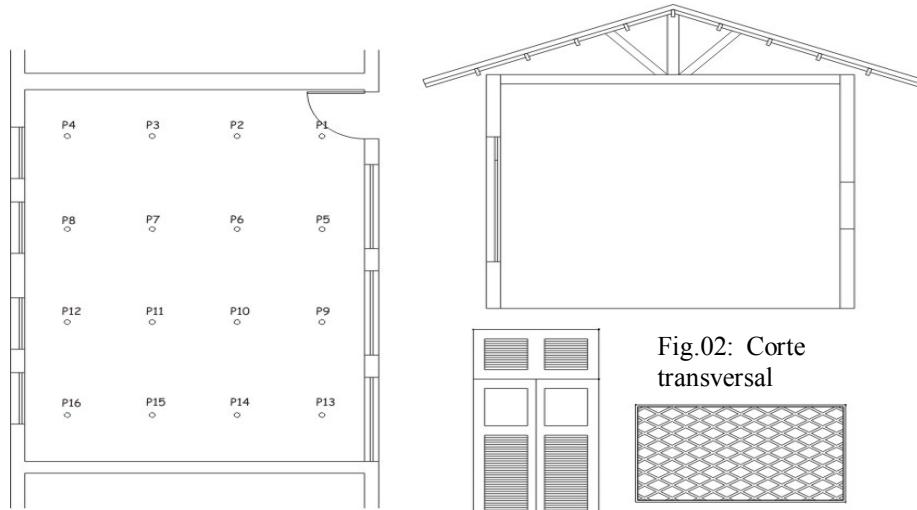


Fig. 01: Planta baixa, com respectivas marcações de pontos.

Fig.02: Corte transversal

Fig. 03: Desenho esquemático das aberturas laterais.

Tabela 02: Valores de FLD, Unidade Escolar Matias Olímpio (Sala Padrão 01)

PONTO	ILUM. INT. (LUX)	ILUM. EXT. (LUX)	FLD (%)	PONTO	ILUM. INT. (LUX)	ILUM. EXT. (LUX)	FLD (%)
01	119,2	13.000	0,91	09	65,3	12.190	0,53
02	227,8	12.340	1,84	10	99,7	11.670	0,85
03	705,0	13.540	5,20	11	483,0	11.700	4.12
04	2.165	12.940	16,7	12	624,0	11.980	5.20
05	89,6	12.940	0,69	13	59,0	11.130	0,53
06	118,0	12.810	0,92	14	50,6	12.180	0,41
07	708,0	11.660	6,07	15	78,9	12.220	0,64
08	1.453	11.750	12,3	16	139,0	12.220	1,13

As salas do modelo original possuem 47 m^2 , pé direito elevado (6,5 m do piso à cumeeira), piso em ladrilho hidráulico nas cores preto e branco (fazendo um tabuleiro de xadrez), as paredes são espessas (25 cm) na cor verde claro (acima de 1,7 m) e, abaixo, chapiscadas e pintadas na cor cinza claro. O teto é sem forro e a cobertura é em telha cerâmica. As três aberturas laterais estão a 90 cm de altura (peitoril) possuindo uma altura de 2,70 m. No lado oposto às janelas estão inseridas 3 aberturas tipo cobogós com peitoril à 1,7 m, altura de 1,0 m e 1,8 m de largura (fotos 01, 02 e 03).



Fotos 01 e 02: Sala de aula/original. Detalhe das cores das paredes, aberturas laterais e utilização de cobogós.

Foto 03: Detalhe da janela à esquerda. Possui uma quebra em uma de suas almofadas, não podendo ser aberta no momento da medição.

Nas fotos acima, podemos verificar, nas proximidades das janelas, muro de porte médio e logo em seguida algumas árvores. Estas obstruções interferem nos valores de iluminância internas.

O segundo padrão de salas nesta mesma escola possui 45 m^2 , pé direito menos significativo 4,5 m (altura da cumeeira), piso em granilite, paredes menos espessas (15 cm) na cor branca (acima de 1,0 m) e chapisco na cor cinza na parte inferior. O teto também é sem forro e a cobertura em telhas cerâmica. São quatro aberturas laterais seguindo modelos tipo básculas horizontais, peitoril a 1,25 m, 1,2 m de altura e 1,2 m de largura. (fotos 04 e 05).



Foto 04: Sala padrão 02. Ver detalhe das esquadrias em ferro, pivotantes horizontal.

Foto 05 – Sala padrão 02. Detalhes das aberturas tipo cobogós.

Embora se verifique presença de obstruções (árvores) na parte externa da sala, esta tem pouca interferência quanto à penetrabilidade de luz natural no interior desta, empecilho este encontrado na própria esquadria.

A seguir, planta, corte e desenho esquemático das aberturas laterais e tabela 03 contendo os valores de FLD nos 25 pontos estabelecidos nessa medição (figuras 05, 06 e 07).

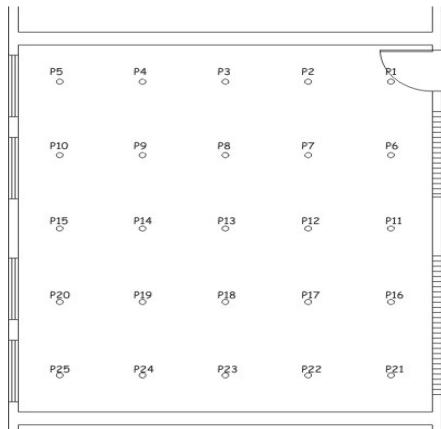


Fig. 04: Planta baixa, com respectivas marcações de pontos.

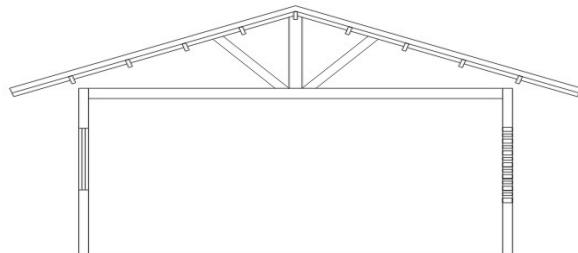


Fig. 05: Corte transversal



Fig. 06: Desenho esquemático das aberturas laterais

Tabela 03: Valores de FLD, Unidade Escolar Matias Olímpio (Sala Padrão 02)

PONTO	ILUM. INTERNA (LUX)	ILUM. EXTERNA (LUX)	FLD (%)	PONTO	ILUM. INTERNA (LUX)	ILUM. EXTERNA (LUX)	FLD (%)
01	16,7	17.200	0,09	14	7,00	16.280	0,04
02	8,30	15.870	0,05	15	9,40	17.130	0,05
03	6,10	14.960	0,04	16	7,20	16.050	0,04
04	8,20	15.680	0,05	17	5,30	16.080	0,03
05	14,6	15.700	0,09	18	5,60	18.380	0,03
06	10,9	15.340	0,07	19	6,60	14.960	0,04
07	12,5	17.100	0,07	20	12,3	16.820	0,07
08	8,90	16.760	0,05	21	7,10	18.390	0,03
09	6,10	16.640	0,03	22	6,50	16.370	0,03
10	11,2	16.760	0,06	23	7,30	17.530	0,04
11	7,60	18.950	0,04	24	10,0	17.660	0,05
12	6,10	16.190	0,03	25	16,8	17.250	0,09
13	5,20	16.300	0,03				

Outra escola significativa para este estudo é o CIAC – Centro de Integração de Apoio à Crianças, esta situada no bairro Vila Bandeirante e inaugurada no ano de 1994. De acordo com SILVEIRA (1999, pág. 105) “não levaram em consideração a orientação solar mais favorável, quando da sua implantação no terreno” – as salas de aula estão situadas no eixo leste/oeste – muitas vezes, além do superaquecimento interno, traz grande claridade, causando ofuscamento e prejudicando as atividades.

Seu padrão construtivo é igual ao dos demais implantados em todo o país. Piso em granilite, paredes em blocos de concreto pintados na cor branca, pé direito de 2,6 m, teto em concreto natural. As aberturas laterais são pivotantes, possuem um peitoril a 90 cm e altura de 1,5 m – embora divididas em painéis de 55 cm, pegam toda a extensão da parede. Este é o único exemplar de escola da região, na qual se faz o uso de iluminação zenital (fotos 07, 08 e 09).



Foto 07: Ofuscamento, causado pelo excesso de luz natural.



Foto 08: Janelas, com esquadrias pivotantes vertical, em ferro e compensado cor clara.



Foto 09: Abertura zenital que favorece a entrada e distribuição homogênea de luz no interior do ambiente.

A seguir, as respectivas planta, corte e desenho esquemático das aberturas laterais e tabela com os valores de FLD dos 25 pontos estabelecidos na medição, onde são apresentados valores de extremo favorecimento aos índices necessários de iluminação, tendo apenas como inconveniente o ofuscamento, causado pela penetração direta da luz solar em determinado período do dia, devido à má orientação das salas, obrigando ao fechamento das janelas (figuras 07, 08 e 09).

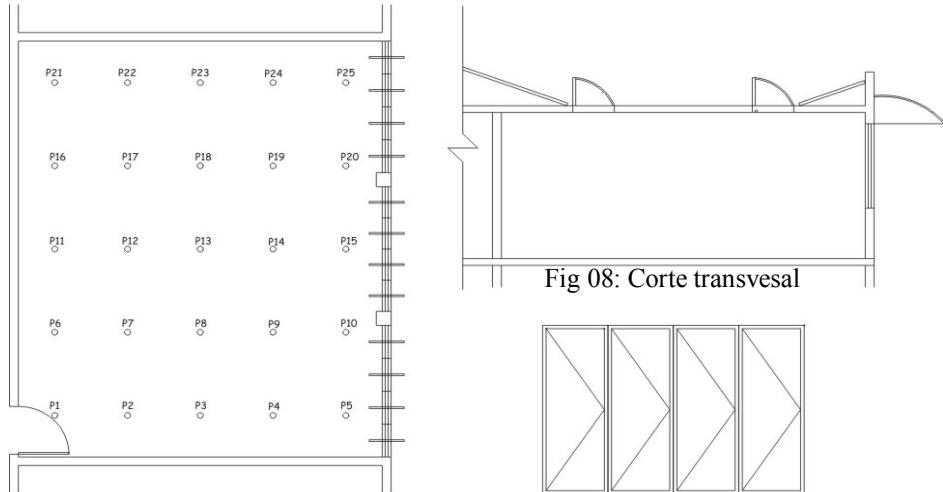


Fig. 07: planta baixa, com respectivas marcações de pontos.

Fig 08: Corte transversal

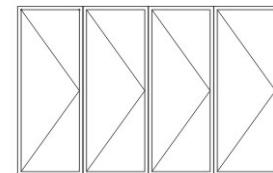


Fig. 09: Desenho esquemático da abertura lateral.

Tabela 04: Valores de FLD, CIAC – Centro de Integração de Apoio à Crianças

PONTO	ILUM. INT. (LUX)	ILUM. EXT. (LUX)	FLD (%)	PONTO	ILUM. INT. (LUX)	ILUM. EXT. (LUX)	FLD (%)
01	307	12.580	2.4	14	627	13.330	4.70
02	388	12.980	2.9	15	1162	12.760	9.10
03	407	12.500	3.2	16	324	11.050	2.93
04	577	8.970	6.4	17	361	11.210	3.22
05	1455	12.280	11.8	18	455	9.700	4.69
06	340	10.930	3.11	19	639	8.080	7.90
07	380	9.500	4.0	20	1067	9.350	11.41
08	455	10.790	4.21	21	320	10.460	3.05
09	635	11.680	5.43	22	349	10.580	3.29
10	828	13.130	6.3	23	425	9.650	4.40
11	321	13.810	2.32	24	598	8.790	6.80
12	309	12.820	2.41	25	1424	8.230	17.3
13	360	12.220	2.94				

3.2. Análise da Eficiência da Luz Natural nas Salas de Aula

Para análise da eficiência da luz natural que penetra no interior das salas de aula das escolas estudadas, foram utilizados os seguintes procedimentos:

- 1- Escolha das escolas e salas de aula a serem estudadas;
- 2- Levantamento das salas e identificação de suas características construtivas e de revestimentos;
- 3- Medição do FLD, *in loco*;
- 4- Determinação dos valores de iluminância do céu (céu encoberto) nas quatro estações do ano, valores estabelecidos pelo modelo de Dogniaux e encontrados no software RADLITE;

5- Determinação das curvas isoFLD e distribuição da luz natural nas salas de aulas.

Para a confecção das curvas isoFLD e a distribuição da luz natural nas salas de aula, foi estabelecido um valor fixo de 25.000 lux referente à radiação solar em dias de céu encoberto – de acordo com os valores encontrados no software Daylight. Para a determinação deste valor, nos gráficos que serão vistos a seguir, levou-se em conta a média dos valores de radiação compreendida entre os horários de 9:30h da manhã às 14:30h da tarde presente nas quatro estações do ano. Os percentuais contidos nos gráficos estão compreendidos nos horários de uso das salas de aula em seus dois turnos, ou seja, turno da manhã de 7:30h às 12:30h e turno da tarde de 13:30h às 17:30h.

3.2.1- Unidade Escolar Mathias Olímpio (padrão 01)

Este padrão de sala de aula, devido ao pé direito elevado e suas janelas muito altas, possui um índice de iluminação natural na maior parte de seus pontos com valores acima do estabelecido pela NBR 5413 (entre 300 e 500 lux) – Devido à má conservação e manutenção das salas da escola, todas as salas de aula possuem problemas quanto a abertura das janelas, como é o caso deste exemplar onde a janela que não pôde ser totalmente aberta no horário das medições. Mesmo nessas condições, esta sala não deixou de ser um objeto interessante para este trabalho, visto que o resultado encontrado não interferiu, de maneira geral, na avaliação da iluminação natural deste ambiente. Há necessidade de uso de iluminação artificial no período diurno apenas como complementação nos pontos mais distantes das janelas. As aberturas laterais tipo cobogós, pouco auxiliam na penetração de luz natural no ambiente, tendo como sua maior função a formação de ventilação cruzada, essencial nessa região (Fig. 10 e 11). Em seguida, gráficos contendo valores em porcentagem da iluminância em lux dos 16 pontos simulados no verão, outono, inverno e primavera (gráficos 01, 02, 03 e 04).

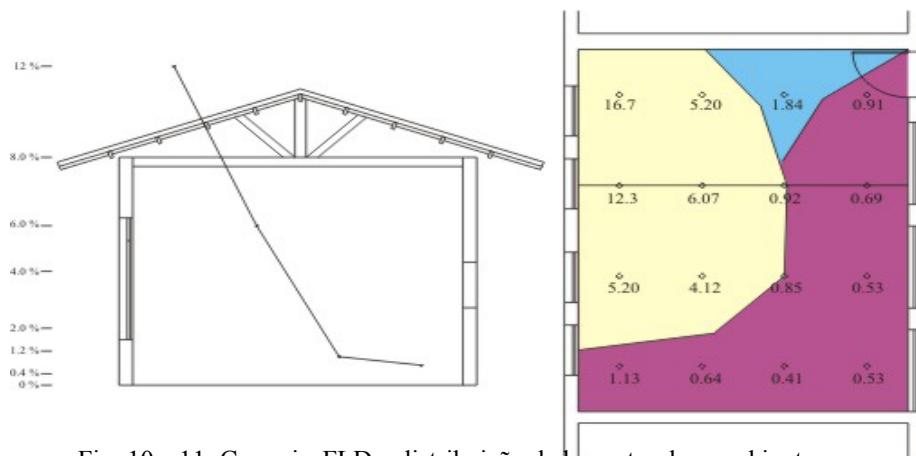
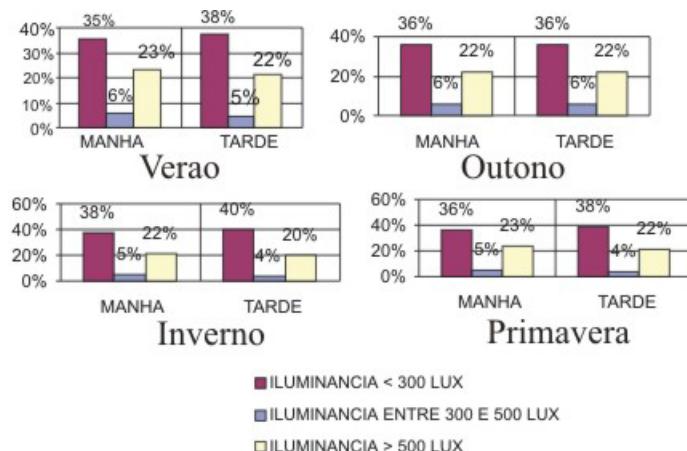


Fig. 10 e 11: Curva isoFLD e distribuição da luz natural no ambiente.



Gráficos 01, 02, 03 e 04: valores em porcentagem da iluminância em lux dos 16 pontos simulados no decorre do ano.

3.2.2- Unidade Escolar Mathias Olímpio (padrão 02)

Nesta sala de aula, diferente da anterior, a necessidade da utilização da iluminação artificial faz-se imprescindível em ambos os turnos (manhã e tarde). Nenhum ponto da sala consegue atingir os valores estabelecidos pela NBR 5413, no decorrer ano, fazendo-se necessário o uso de iluminação artificial durante o dia, período de utilização da sala. É recomendável rever o tipo de abertura lateral utilizada, que permita uma melhor penetrabilidade de iluminação natural em seu interior, assim como as cores dos revestimentos internos, pois, o piso tem cor escura e não há forro em sua cobertura, características estas que pouco favorecem às reflexões de luz natural penetrante nesta sala. Em seguida, planta baixa com análise dos 25 pontos, curva isoFLD (figuras 12 e 13), e gráficos simulados nas quatro estações do ano (gráficos 05, 06, 07 e 08).

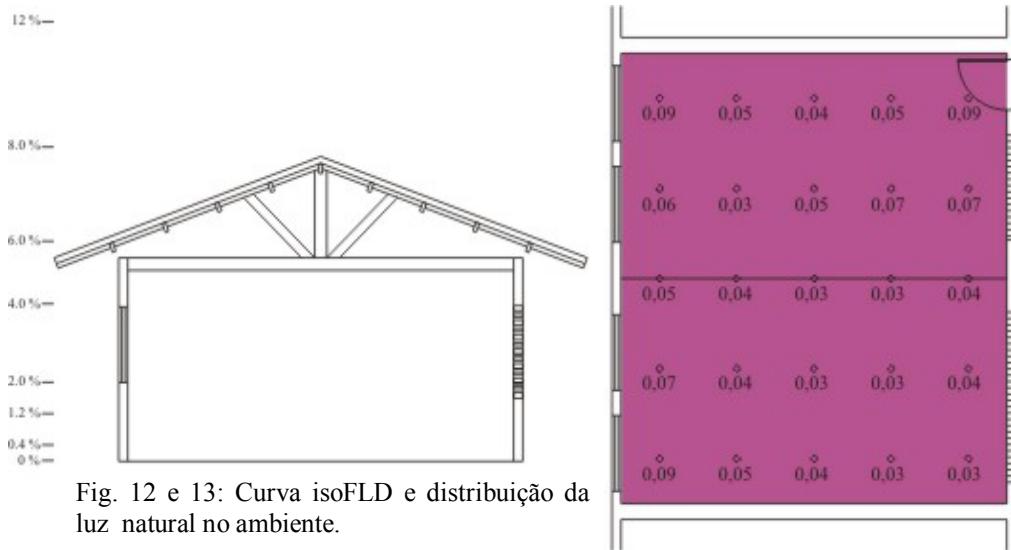
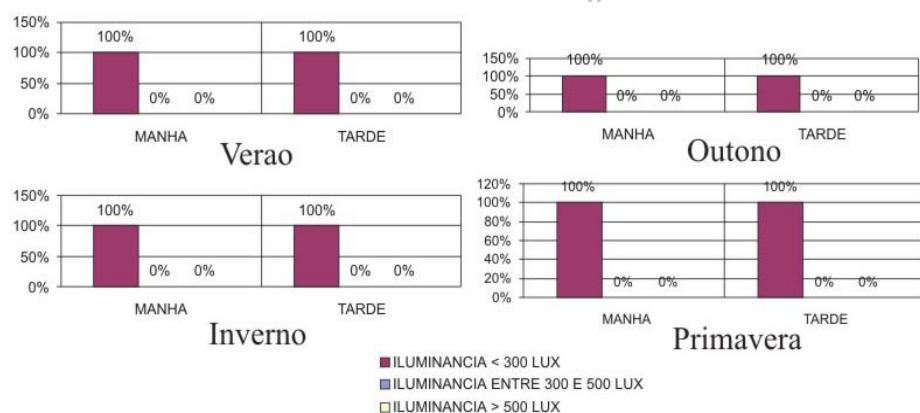


Fig. 12 e 13: Curva isoFLD e distribuição da luz natural no ambiente.



Gráficos 05, 06, 07 e 08: valores em porcentagem da iluminância em luz dos 16 pontos simulados no decorre do ano.

3.2.3- CIAC – Centro de Integração de Apoio a Criança

Esta sala de aula, ao contrário da anterior, apresenta em todos os seus pontos um índice de iluminação, excessivo, ou seja, acima do exigido pela NBR 5413, no decorrer de todo período do ano em mais de 50% das horas de uso em seus dois turnos. Estas características se fazem presente, devido ao número de aberturas laterais (cobrindo toda a extensão da parede), a presença de iluminação zenital, que ajuda na distribuição homogenia da luz natural, assim como as cores dos revestimentos internos, todos em tons claros, favoráveis à reflexão da luz (figuras 14 e 15).

É necessário, no entanto, um cuidado especial, pois, iluminância excessiva pode gerar ofuscamento, prejudicando o desenvolver das atividades em sala. O uso de iluminação artificial faz-se necessário apenas nos pontos mais afastados das janelas e nas horas de menor índice de radiação (início da manhã e final da tarde).

A seguir, gráficos contendo valores em porcentagem da iluminância em lux dos 25 pontos simulados no verão, outono, inverno e primavera (gráficos 09, 10, 11 e 12).

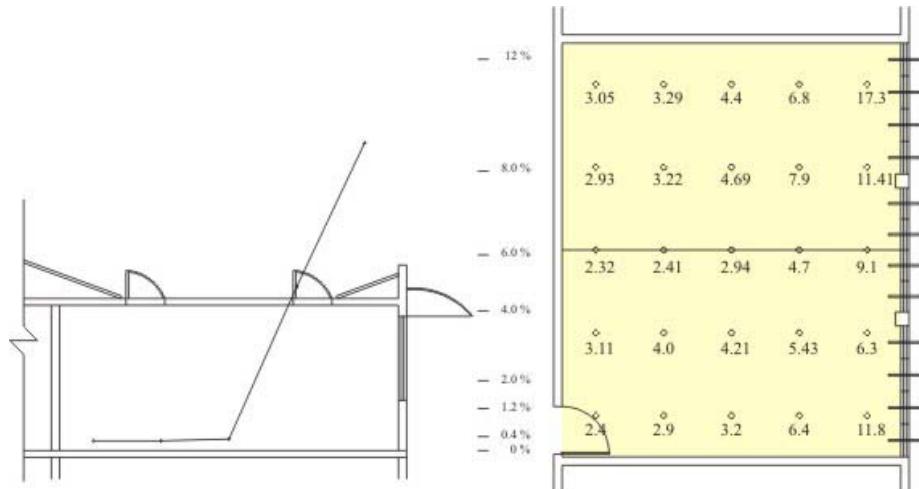
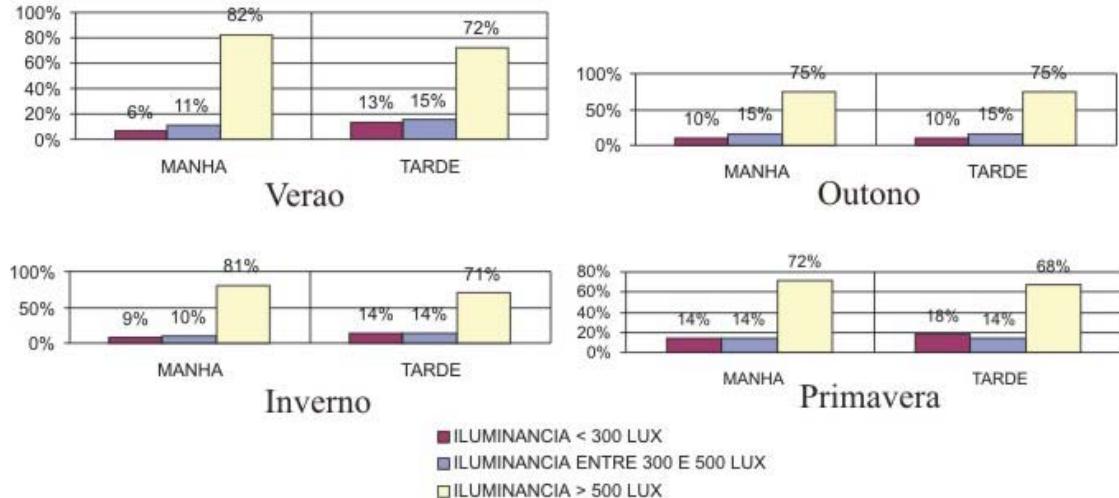


Fig. 14 e 15: Curva isoFLD e distribuição da luz natural no



Gráficos 09, 10, 11 e 12: valores em porcentagem da iluminância em luz do 16 pontos simulados no decorre do ano.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho, não teve como objetivo criar regras nem fórmulas para a obtenção de um projeto de iluminação ideal, pois não existe solução única para resolver todos os casos existentes, mas sim trazer reflexões sobre a importância do conforto lumínico na produção arquitetônica, mais especificamente de salas de aula, e a necessidade da conscientização dos projetistas em torná-las mais eficientes energeticamente.

A luz natural que em nosso país, de clima tropical, é muito abundante, se bem aproveitada é uma excelente alternativa para a redução do consumo de energia elétrica, que, em edificações escolares, ainda hoje, é pouco explorada. Artifícios simples e de baixo custo podem ser utilizados para se obter um melhor aproveitamento da luz natural nessas edificações e consecutivamente uma queda no consumo de energia elétrica.

Em ambientes escolares, a luz constitui instrumento fundamental para o pleno desempenho visual na execução de uma tarefa, principalmente nas salas de aula que é o compartimento que requer maior atenção, pois é onde os alunos passam a maior parte do tempo desenvolvendo atividades.

A metodologia aplicada que consistiu em quantificar a iluminância em pontos determinados nas salas

de aulas teve aspecto de suma importância, pois, embora com as limitações encontradas no decorrer da pesquisa – poucas informações documentadas sobre os objetos em estudo, existência de poucos dias nublados “ideais” necessários para medições durante o ano, condições físicas inadequadas das escolas escolhidas – o método utilizado (medições quantitativas da luz natural através do FLD), nos trás inúmeras vantagens quanto a sua aplicação, entre elas, está a possibilidade, através dos valores encontrados nas medições feitas “*in loco*”, de simular a iluminância, desses mesmos pontos, no decorrer de todo ano.

A utilização dos cálculos e simulações de FLD nos mostrou ser uma ferramenta bastante eficiente para comprovações das hipóteses formuladas no início deste trabalho. Pois as medições realizadas em dias nublados, nos facilitou um comparativo entre os diversos exemplares de salas de aula estudadas, além de nos possibilitar colacionar estes valores com os exigidos pela NBR 5413 que trata da quantificação ideal de iluminância em ambientes interiores.

De acordo com os levantamentos e dados obtidos, muitas alternativas de projetos foram encontradas nesta pesquisa. Algumas soluções foram consideradas estratégicas positivas para obtenção de um melhor aproveitamento da luz natural para ambientes escolares, que podemos citar:

- Uso de cores claras nas superfícies, o que facilita a reflexão da luz natural e uma melhor distribuição desta no interior do ambiente;
- Janelas de folhas duplas ou pivotantes verticais facilitam a penetração da luz natural no interior do ambiente, tornando-se menos eficiente quando utilizadas em modelos tipo básculas horizontais, pois, requer uma maior reflexão da luz natural sobre as próprias folhas das janelas. (efeito tipo light shef);
- Aproveitamento da luz natural através do uso de iluminação zenital juntamente com as aberturas laterais também é uma ótima solução para tornar a luz natural no interior dos ambientes mais uniformemente distribuídas.
- Para as escolas cujas salas de aulas não possuem forro, a troca de algumas telhas cerâmicas por placas translúcidas, aumentaria a penetração da luz natural no interior destas, tornando também esta luz mais bem distribuída.
- Soluções como o uso de tijolos tipo cobogó e/ou frestas nas paredes, além de aumentar a penetrabilidade da luz natural no interior desses ambientes, facilitariam a ventilação cruzada;
- Uma manutenção adequada e freqüente na estrutura do ambiente e principalmente na infraestrutura das janelas (que em muitos locais apresentava-se emperradas não possibilitando sua abertura por completo), além de ajudar a preservar o patrimônio, tornaria o ambiente sempre agradável e, consecutivamente, influenciaria no desenvolver mais positivo de suas atividades.
- Uma redistribuição dos circuitos elétricos para iluminação artificial nas salas de aula, locando os pontos de acendimento em linhas paralelas às aberturas laterais, assim como o uso de lâmpadas e equipamentos mais eficientes reduziriam significativamente o consumo de energia elétrica;
- Com relação à arborização e locação de edificações vizinhas, é necessário tomar cuidado com a proximidade entre estas, pois as mesmas podem acarretar sombreamento e minimização na penetração da luz natural no interior dos ambientes.
- E por fim, uma reeducação através de uma conscientização múltipla de funcionários, professores e alunos quanto a importância em minimizar os gastos abusivos em energia elétrica, seriam ótimos artifícios para se minimizar os gastos públicos quanto ao consumo de energia elétrica no setor da educação.

Limitar-se a seguir “modelos” rotineiros existentes, frutos de reflexos profissionais ou da falta de interesse por parte das autoridades responsáveis as quais, muitas vezes, ignoram a importância de uma arquitetura elaborada de acordo com a finalidade do projeto, a locação deste no ambiente a ser inserido, como também os conhecimentos climatológicos locais, podem trazer problemas que poderão, devido suas dificuldades, não ser totalmente solucionados no decorrer ou após o término da obra. Não queremos aqui limitar o arquiteto no seu processo criativo, pois sabemos que a estética e a funcionalidade são parâmetros importantes na concepção de um projeto arquitetônico, no entanto, a

orientação o contexto urbano o entorno os elementos climáticos e o meio ambiente são fatores importantes que também fazem parte desta complexa atividade que é a arte de projetar. Interagir harmonicamente com todos esses elementos, juntamente com boas soluções arquitetônicas é, sem dúvida, um dos caminhos mais corretos para o bem estar dos usuários desses ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5413 – **Iluminância de Interiores**, 1982.

ABNT Associação Brasileira de Norma Técnicas – NBR 15215-3 – **Iluminação Natural – Parte 3 – Procedimentos de Cálculos para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**, 2005.

CASTRO, E. B. P. Light Shelf: **Estudo da sua Eficiência Lumínica através de Simulação Computacional**. 1996. 129f. Dissertação (Mestrado em Conforto Ambiental) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

SILVEIRA, A. L. C. **Diretrizes de Projeto para Construção de Prédios Escolares em Teresina-PI**. 1999. 205 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília-DF.