



ANÁLISE DE DESEMPENHO LUMÍNICO EM AMBIENTE ESCOLAR NA CIDADE DE CUIABÁ/MT

**Flávia Maria de Moura Santos (1); Angela Santana de Oliveira (2); Ivan Júlio
Apolônio Callejas (3); Luciane Cleonice Durante (4); Marta Cristina de Jesus
Albuquerque Nogueira (5)**

(1) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental – UFMT, Brasil – e-mail:
flavia_mms@hotmail.com

(2) Prof^a Ms. do Instituto Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso - IFMT / Doutoranda do
Programa de Pós-graduação em Física Ambiental – UFMT, Brasil – e-mail:
angela_cefetmt@yahoo.com.br

(3) Prof^o Ms. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo / Doutorando do Programa de Pós-
graduação em Física Ambiental – UFMT, Brasil – e-mail: ivancallejas@ig.com.br

(4) Prof^a Ms. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo / Doutoranda do Programa de Pós-
graduação em Física Ambiental – UFMT, Brasil – e-mail: luciane.durante@hotmail.com

(5) Prof^a Dr^a do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em
Física Ambiental – UFMT, Brasil – e-mail: mcjanp@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Física, Programa de Pós-graduação em Física
Ambiental, Cuiabá-MT, 78000-000, Tel.: (65) 3615 8739

RESUMO

No processo de ensino-aprendizagem que ocorre em sala de aula é necessário que o ambiente físico seja adequado e tenha condições mínimas de conforto, contribuindo positivamente no desempenho das atividades desenvolvidas por alunos e professores. Assim, a iluminação é o principal determinante para o conforto visual, considerando-se que os ambientes permitam que as tarefas visuais sejam executadas. Sendo a leitura a atividade predominante nas salas de aulas, o ambiente deve proporcionar conforto lumínico para que as atividades possam ser realizadas de forma eficiente. Para investigar estes fatores foi realizado estudo de caso em salas de aula com características construtivas diferentes, situadas na cidade de Cuiabá-MT em 2007, caracterizada pela disponibilidade de radiação solar na maioria dos dias do ano, com objetivo de verificar os índices de conforto lumínico dos ambientes, com pontos internos e externos de medições de iluminância utilizando um luxímetro digital portátil, realizadas em períodos representativos das quatro estações do ano. A Sala 01 apresentou maior disponibilidade de luz natural, devido principalmente a implantação no terreno com menos obstáculos para a incidência solar direta, além de possuir características construtivas que facilitam a reflexão da luz no ambiente. A Sala 02 registrou maior número de horas com nível de luminância inferior ao recomendado pela NBR 5413/1992, havendo a necessidade de um tempo maior de uso de luz artificial no ambiente onerando os gastos com energia elétrica. Desta forma, há necessidade de adequação da arquitetura local às reais condições climáticas da cidade, de maneira a atenuar o desconforto lumínico, favorecendo a eficiência energética e contribuindo na concepção de novos espaços escolares, no sentido de otimizar ambientes de sala de aula saudáveis aos usuários.

Palavras-chave: iluminação natural, sala de aula, conforto lumínico.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Fiorin et al. (2006) a otimização do consumo de energia é um dos atuais desafios enfrentados pela sociedade moderna, devido à crescente escassez dos recursos naturais que, muito provavelmente, trará impactos para as gerações futuras. O uso da energia pela sociedade moderna responde por uma série de impactos ambientais. Uma das formas de minimizar o consumo de energia elétrica e combustíveis é o melhor aproveitamento da iluminância natural.

A iluminância natural é uma medida do fluxo fotométrico por unidade de área, consistindo numa grandeza física que fornece informações sobre o fluxo de energia eletromagnética na faixa espectral do visível. Contudo, o olho humano não é igualmente sensível a todos os comprimentos de onda da radiação visível, de maneira que essa sensibilidade é levada em conta na curva de resposta de um medidor de iluminância. Desta forma, a iluminância, medida em Lux (lúmens por m²), representa a curva de resposta do olho humano à radiação solar incidente.

Segundo Coutinho Filho et al. (2006) a iluminação é o principal determinante para o conforto visual, levando em consideração que os ambientes são iluminados para permitir que as tarefas visuais sejam executadas. Uma inadequação dessa iluminação acarretará em danos à saúde visual das pessoas no ambiente e uma piora para os que apresentam problemas de visão. Sendo a leitura a atividade predominante nas salas de aulas, o ambiente deve proporcionar conforto lumínico para que possa ser realizada a contento.

A utilização da iluminação natural em edifícios escolares é relevante tanto para atender questões econômicas (economia de energia), quanto pelo fator estético e psicológico, visto que a luz natural é preferida pelo ser humano. Apesar disto, deve-se lembrar que a luz natural é variável e não está disponível em todas às 24 horas do dia, tornando necessário o emprego de uma fonte de iluminação artificial que substitua a iluminação natural durante a noite e suplemente à iluminação natural durante os períodos em que os níveis de iluminação fornecidos estejam menores que os recomendados.

A integração do sistema de iluminação natural e artificial se faz necessária para o melhor aproveitamento da luz natural e economia de energia, além de possibilitar a geração de ambientes mais agradáveis aos seus usuários.

O sistema de iluminação artificial apresentado atualmente em salas de aulas, principalmente na rede pública de ensino, não leva em conta a diversidade das atividades executadas nestes ambientes e, muitas vezes, desconsidera parâmetros importantes como: a orientação, as dimensões e as atividades visuais desenvolvidas. Aparentemente, o objetivo geral dos projetos de iluminação artificial é atingir os níveis de iluminação mínimos recomendados, com baixo custo de implementação. Apesar da busca pela economia e praticidade, os projetos de iluminação artificial implantados são indiferentes à incidência de luz natural no edifício, o que consequentemente gera desperdício (LOPES, 2006).

Para Dalvite et al. (2007) no caso de ambientes de aprendizagem, é necessária a perfeita visualização do que está escrito no quadro-negro, além de um nível de iluminância adequado sobre o plano de trabalho de cada aluno. Nesse contexto, é importante a preocupação com o conforto nas edificações escolares, já que possuem relevância indiscutível na formação do ser humano e importância vital para o contexto social, cultural e econômico de um país, sendo fundamental a valorização dos condicionantes externos à relação de produção do conhecimento, dentre os quais assumem grande importância as chamadas necessidades de conforto (PAIXÃO, 1997).

Essas necessidades de conforto envolvem variáveis, dentre as quais se destacam as condições acústicas, térmicas e lumínicas dos locais. O ambiente escolar deve proporcionar condições adequadas de conforto, garantindo o bem estar dos ocupantes e estimulando a realização das tarefas. É imprescindível que a comunicação entre professor e aluno seja compreendida, que ocorra uma climatização adequada do espaço e que a visualização seja nítida.

É muito comum no Brasil encontrar edificações (pública ou privada) com sistema de iluminação fora dos padrões técnicos. Dentre os problemas mais comuns podem ser citados: iluminação em excesso, falta de aproveitamento da iluminação natural e uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa.

Vários estudos na área (LOPES, 2006; SPANNENBERG, 2006; GARROCHO e AMORIM, 2004; GRAÇA, SCARAZZATO e KOWALTOWSKI, 2001) foram desenvolvidos buscando-se avaliar o uso

da iluminação artificial, assim como o aproveitamento da luz natural, de forma a incentivar o uso consciente da iluminação nos ambientes.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a análise da integração do sistema de iluminação suplementar ao sistema de iluminação natural existente em sala de aula padrão em um ambiente escolar na cidade de Cuiabá-MT, por meio da avaliação de duas salas de aula, com pontos fixos internos e externos de medições de iluminação.

3 METODOLOGIA

3.1 Material

Foi escolhida uma escola da rede estadual de ensino, localizada na região leste do município de Cuiabá-MT, com partido arquitetônico utilizado em grande maioria das instituições da rede pública do estado, com o agravante da localização em área central densamente urbanizada do município.



Figura 1 – Localização da escola analisada

Fonte: Google Earth

Para análise das variáveis foram escolhidos dois ambientes de sala de aula- denominados Sala 01 e Sala 02, com área de 50,53m². A fachada principal possui orientação noroeste ficando a fachada sudoeste desprotegida já que não possui nenhuma barreira para a insolação direta. A superfície do entorno é de brita na cor cinza, e com apenas uma árvore de pequeno porte (Figura 2).



Figura 2 – Localização da Sala 01 e da Sala 02

Como caracterização do envelope, as salas de aula possuem paredes em bloco de concreto revestidas e pintadas externamente com tinta esmalte na cor laranja e tinta acrílica na cor amarela. A cobertura é de telhas de fibrocimento, com forro em laje na cor branca e o piso é em granilite. Cada ambiente possui quatro esquadrias metálicas, sendo duas com peitoril de 2,00m e duas com peitoril de 0,80m.

Internamente, os ambientes possuem acabamentos diferentes. A Sala 01 é revestida por azulejos brancos, na parte inferior das paredes e, tinta esmalte na cor amarela, na parte superior. A Sala 02 tem pintura em tinta látex creme (Figura 3a e 3b).

Os sistemas de iluminação artificial utilizados na escola são lâmpadas fluorescentes tradicionais, que não possuem um alto rendimento e manutenção, como lâmpadas queimadas ou fluxo luminoso reduzido.



Figura 3 – Ambientes internos das Salas 01 (a) e 02 (b)

2.2. Métodos

Para a realização das medições tanto externas quanto internas de iluminação utilizou-se o Luxímetro Digital Portátil, modelo LD-220, marca INSTRUTHERM (Figura 4), a unidade de medição é em Lux (lúmen/m) e possui display duplo de cristal líquido (LCD) de 4 dígitos, escala automática de 0,01 a 999900 Lux em 5 faixas e 0,001 a 99990 FC em 5 faixas e precisão de $\pm 3\%$ da leitura ± 5 dígitos.



Figura 4- Luxímetro Digital Portátil

Foram coletados dados horários de iluminância nas quatro estações do ano de 2007, dez dias não consecutivos, nos dois ambientes, em pontos interno e externo a cada hora do dia, em horário de aula – das 08h00min às 11h00min, no período matutino e das 13h00min às 17h00min, no período

vespertino, buscando-se verificar se a iluminação disponível em sala de aula encontra-se dentro do limites da NBR 5413 (1992) que estabelece níveis de iluminância médios ideais para diferentes atividades, para salas de aula prevê um nível de iluminação ideal de 300 Lux e 500 Lux para quadro negro. Na estação da primavera, não foram registrados dados nos últimos horários de cada período – 11h e 17h, pois devido a baixa umidade as aulas eram interrompidas e os alunos dispensados.

Para coleta de dados, foram escolhidos pontos internos com maior exigência de iluminação sendo feitas as medições a altura média de 1,10m do piso e afastando-se o luxímetro 0,30m da parede. Foram escolhidos três planos de medição: quadro negro - L1, próximo a janela do tipo correr com peitoril de 0,80m – L2 e próximo a janela do tipo basculante com peitoril de 2,00m – L3. Os pontos externos são adjacentes aos pontos próximos das janelas – L2ext e L3ext, para verificar a iluminação natural disponível (Figura 5).

As aberturas do ambiente como posições das janelas e porta, assim como a área de utilização dos mesmos, são de grande importância para o aproveitamento da luz natural, pois vão contribuir para a entrada da radiação solar nas salas de aulas. As posições dos pontos de iluminação artificial também são importantes para verificação da disponibilidade de iluminância (Figura 5).

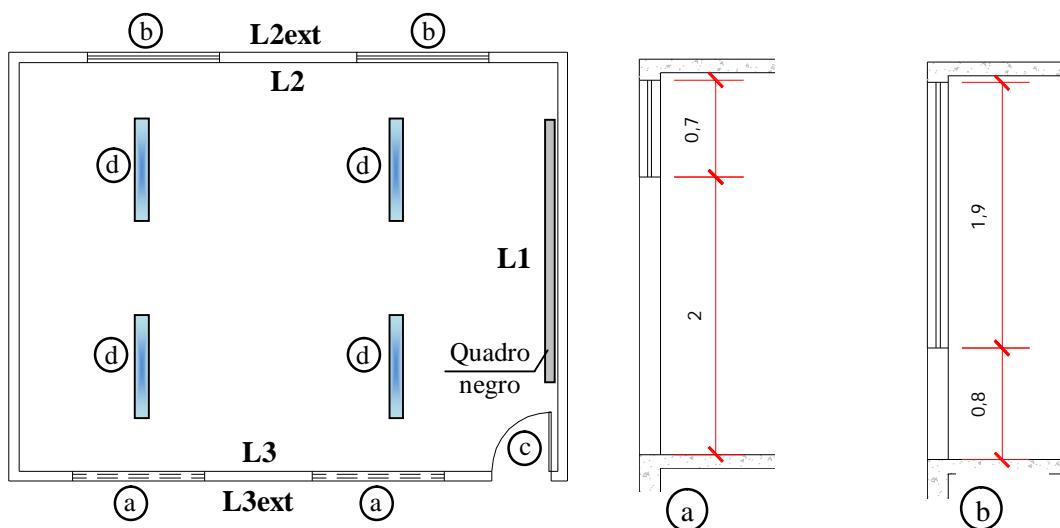


Figura 5- Layout das salas de aula analisadas; a) janela alta - $P = 2,00\text{m}$, b) janela baixa – $P = 0,80\text{m}$, c) porta – $0,90 \times 2,10\text{m}$, d) lâmpadas fluorescentes – $2 \times 40\text{w}$

Fazendo-se uma análise do entorno dos ambientes, quanto a existência de obstáculos para a incidência solar, verificou-se elementos que podem funcionar como barreira para a radiação solar direta, como os muros de limite da escola e a outra ala de salas de aula, assim como os beirais, vegetação e a construção vizinha (Figura 6).

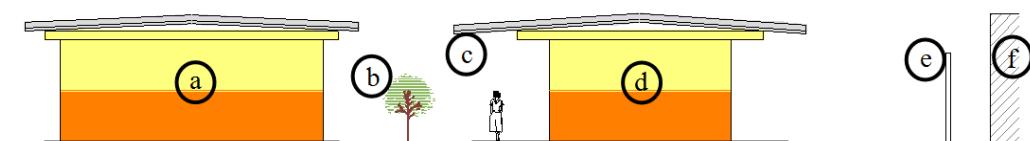


Figura 6- Barreiras construtivas para insolação direta; a- Ala de salas de aula, b-Vegetação, c- Beiral, d- Salas de aula analisadas, e- Muro, f- Construção vizinha

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Sala 01

A NBR-5413(1992) estabelece os níveis de iluminância médios ideais para salas de aula prevendo um nível de iluminação ideal de 300 Lux, sendo que próximo ao quadro negro a exigência é de 500 Lux.

A Sala 01 teve como iluminância média interna 464,82 Lux e externa de 2808,01 Lux, apresentando a estação do verão maior nível médio de iluminância interna com 542,51 Lux e iluminância externa de 3405,10 Lux devido a alta incidência de radiação solar no hemisfério sul, consequente ao movimento de translação da Terra e ao ângulo de inclinação do eixo do planeta que define as estações do ano.

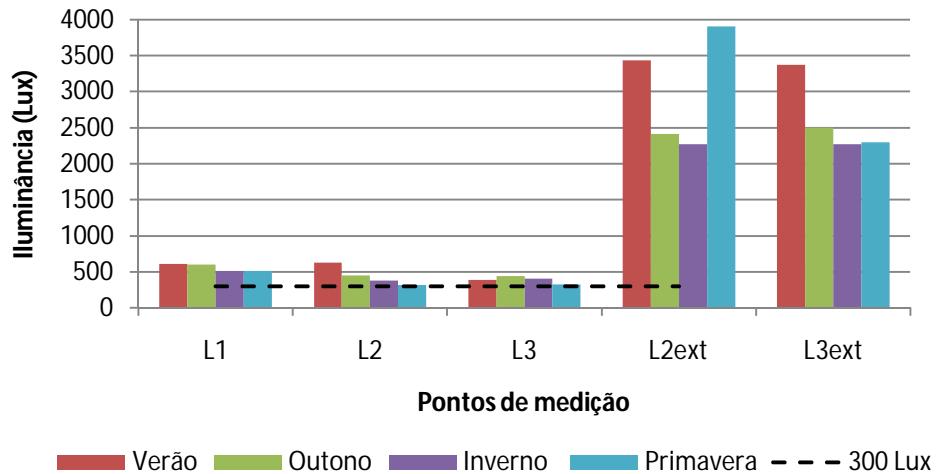


Figura 7- Desempenho Lumínico da Sala 01 nas estações do ano

Na estação do outono, os níveis de iluminância interno e externo foram de 498,36 e 2456,27 Lux, respectivamente. Nota-se que o nível de radiação solar diminui devido a aproximação da estação do inverno que apresentou os níveis de iluminância mais baixos com 434,47 Lux internamente e 2271,44 Lux externamente, justificado pela menor incidência de radiação solar no hemisfério sul nesta época.

Na primavera, a disponibilidade de radiação solar aumentou em relação a estação anterior- inverno, com nível de iluminância de 3099,27 Lux, enquanto que internamente o nível foi de 383,95 Lux, sendo o menor nível de iluminância interna entre todas as estações do ano, principalmente nos pontos próximos as janelas.

4.2 Sala 02

A Sala 02 teve como iluminância média interna 437,48 Lux, enquanto a externa foi de 2341,33 Lux. Como na Sala 01, a maior disponibilidade de radiação solar aconteceu na estação do verão, enquanto internamente os níveis de iluminância no verão ficaram em 445,63 Lux, não sendo o maior nível entre as estações. Nesta estação o ponto L3 obteve média de iluminância inferior ao exigido em norma de 300 Lux, registrando índice de 296,78 Lux.

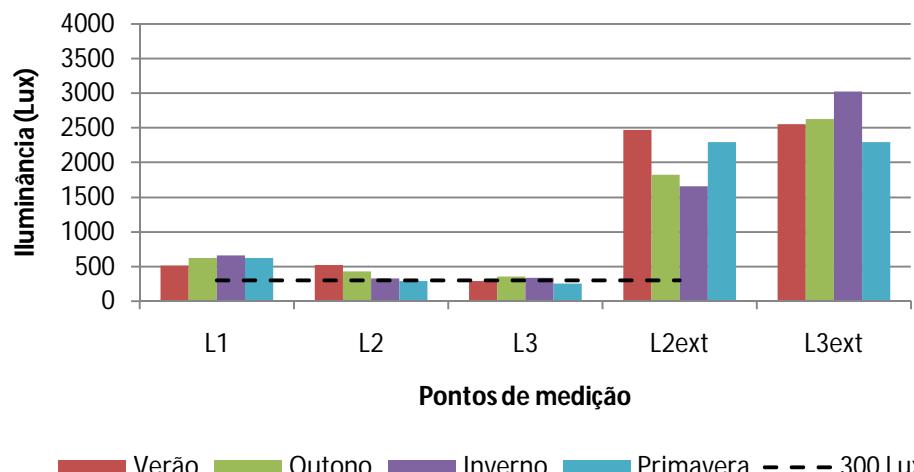


Figura 8- Desempenho Lumínico da Sala 02 nas estações do ano

A estação do outono apresentou a menor disponibilidade de radiação solar com nível de 2223,10 Lux, entretanto internamente registrou a maior média de iluminância com 471,36 Lux entre as estações. No inverno os níveis de iluminância interna e externa foram 442,18 e 2339,68 Lux, respectivamente. Na primavera registrou-se média externa de 2292,65 Lux e interna de 390,74 Lux. Entretanto, os pontos próximos as janelas – L2 e L3 na média horária ficaram abaixo do índice normatizado de 300 Lux, registrando 291,92 Lux no ponto L2 e 257,66 Lux no ponto L3.

Analizando a média das quatro estações do ano em cada ponto, as salas de aula avaliadas apresentam níveis de iluminância dentro do exigido em norma, tendo a Sala 01 maiores índices de iluminância que a Sala 02 (Tabela 1).

Tabela 1 – Média dos níveis de iluminância nos pontos (em Lux) nas quatro estações do ano

	L1	L2	L3	L2ext	L3ext
Sala 01	558,79	445,86	389,81	3005,72	2610,30
Sala 02	604,66	393,75	314,02	2058,59	2624,07

A Sala 02 apresentou níveis de iluminância maiores nos pontos L1 e L3ext, sendo que estes pontos tem a mesma orientação solar com fachada noroeste, favorecendo a entrada de luz pela porta nos ambientes, aumentando a luminosidade na área do quadro negro (L1). No ponto L3, observou-se que devido ao beiral largo e a janela alta não houve aproveitamento da luz natural disponível.

5 CONCLUSÃO

Em relação à iluminância dos ambientes, observa-se que a região possui uma grande quantidade de radiação solar, possuindo a Sala 01 maior disponibilidade de luz natural, devido principalmente a disposição da mesma no terreno com menos obstáculos para a incidência solar direta, além de possuir as paredes internas de cores claras, beneficiando a reflexão da luz no ambiente. A Sala 02, com características construtivas diferentes - posição no terreno e paredes com cor mais escura registrou maior número de horas com nível de luminância inferior ao recomendado pela NBR 5413/1992 que a Sala 01, havendo a necessidade de um tempo maior de uso de luz artificial no ambiente onerando os gastos com energia elétrica.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5413/1992 – **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro.

COUTINHO FILHO, E.F.; SILVA, E.C.S.; SILVA, L.B.; COUTINHO, A.S. Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa. Anais. João Pessoa: UFPB, 6p., 2006.

DALVITE, B.; OLIVEIRA, D.; NUNES, G.; PERIUS, M.; SCHERER, M. J. **Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS**. Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

FIORIN, D.V.; PES, M.P.; GUEDES, M.; BERTAGNOLLI, R.F.; GUARNIERI, R.A.; MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B.; SCHUCH, N.J. **Estudo da iluminância natural em dias de céu claro em estações da rede sonda**. Santa Maria/RS. INPE. 2006. Disponível em: www.inpe.br. Acesso em: 10 abr 2008.

GARROCHO, J. S.; AMORIM, C. N. D. Luz natural e projeto de arquitetura: estratégias para iluminação zenital em centros de compras. In: I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENCAC. Anais. São Paulo, SP, 2004.

GRAÇA, V. A. C.; SCARAZZATO, P.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Método simplificado para a avaliação de iluminação natural em anteprojetos de escolas de ensino estadual de São Paulo. In: VI Encontro Nacional e III Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído- ENCAC. Anais. São Pedro, SP, 8p., 2001.

LOPES, A. C. S. **Avaliação de Duas Propostas de Sistema de Iluminação Artificial Suplementar ao Sistema de Iluminação Natural Existente em Sala de Aula Padrão.** 2006. 149p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Curso de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - PósArq, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC.

PAIXÃO, D. X. **Análise das condições acústicas em salas de aula.** 1997. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudos de caso em Marau-RS.** Florianópolis, 2006. 180p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação, UFSC, 2006.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a ELETROBRÁS/PROCEL, FAPEMAT e CAPES pela ajuda e apoio financeiro para a pesquisa.