

ESTUDO DO DESEMPENHO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO: estudo de caso

Arquimedes Rotta Neto¹

Paula Silva Sardeiro Vanderlei²

RESUMO

A arquitetura de uma edificação é regida por uma série de requisitos de projeto, porém, certas obras não atingem um determinado nível que possibilite a maximização das variáveis de conforto ambiental simultaneamente. A variável ambiental, iluminação, pode afetar o comportamento do indivíduo, produzindo conforto ou desconforto, alterando desta forma o desempenho da realização de uma determinada tarefa visual realizada pelo mesmo. O processo de aprendizado em salas de aula e o conseqüente desempenho do aluno sofrem influência direta das características físicas do ambiente de ensino. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho luminoso de salas de aula. Para isso, foi selecionada uma amostra, com orientações cardeais distintas, e realizaram-se medições da iluminação natural, seguindo os procedimentos estabelecidos na NBR 15215-4:2005, em dia de céu claro e encoberto em distintas estações do ano, bem como aplicação de questionários aos usuários. Os resultados finais apresentaram uma iluminância média abaixo dos valores recomendados pela norma, independente da estação do ano e da aparência da abóbada celeste. E a falta de percepção dos usuários na questão de iluminação natural.

Palavras-chave: Iluminação Natural, Desempenho luminoso, Sala de aula.

¹ Discente, Universidade Estadual de Maringá-UEM, acadêmico de Engenharia Civil, arquimedes.rotta@gmail.com

² Prof^a. Dr^a., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, pssvanderlei@uem.br

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Soares e Valadares (1999), para a definição de arquitetura, a luz natural é um dos elementos que mais se destacam. A mesma possui o Sol como fonte fundamental e consiste numa grandeza temporal, ou seja, confere ao ser humano sensação de tempo por meio de eventos como as estações do ano e o decorrer do dia. Portanto, permitir que esta luz natural invada o espaço arquitetônico projetado é de grande interesse e extremamente benéfico às pessoas que utilizam o ambiente, pois confere ritmo a vida das pessoas.

Um projeto de iluminação, associando o uso da luz natural e artificial, integrado aos projetos de arquitetura e demais projetos, contribui com a melhoria da eficiência energética da edificação, além de conferir-lhe valores estéticos e proporcionar ao usuário o contato com a natureza. O sistema de iluminação natural tem como objetivo, através das aberturas, permitir a entrada de luz natural na edificação onde houver necessidade, afirma Robbins (1986), contribuindo assim, para a diminuição do consumo de luz artificial e, portanto de energia elétrica. Neste contexto, Pereira (1995) coloca que esse critério no projeto tem grande influência no desempenho global das edificações, exigindo um projeto adequado, visto que as aberturas influenciam não só o desempenho luminoso, como também os desempenhos térmico e acústico.

Na avaliação do desempenho da iluminação natural em salas de aula devem-se considerar certos critérios como: os valores mínimos estipulados por normas para realização de atividades visuais; evitar a incidência da radiação solar direta e o ofuscamento. Correa (2011) ainda complementa que a percepção humana avalia o ambiente através das diferenças entre iluminâncias, desta maneira, contrastes muito elevados podem levar à percepção de um ambiente como escuro mesmo estando ele dentro dos padrões estabelecidos por normas.

Pode-se atribuir que uma sala de aula possui uma iluminação satisfatória às atividades desenvolvidas na mesma, quando esta possui uma quantidade e qualidade adequada de luz, permitindo o desenvolvimento das tarefas visuais com fácil execução e sem esforços, para não ocasionar a fadiga visual. Quando esta quantidade de luz não é suficiente ou é exagerada, medidas devem ser tomadas para que a mesma se torne adequada para o usuário. Uma das possibilidades está no uso de cores que proporcionem mais conforto visual por meio de reflexões internas, bem como a possibilidade do uso de protetores solares contra a incidência direta da radiação solar. (BITTENCOURT; MELO; FERREIRA, 2011).

Segundo a NBR 5413:1992, que se destina a Iluminância de Interiores, existe três níveis de iluminâncias indicadas para cada local de trabalho. Numa Universidade, como é o caso deste estudo, nas salas de aulas pode-se ter de 200lux a 500lux. O valor intermediário deve ser utilizado em praticamente todos os casos, exceto casos especiais que permitem o uso do valor mínimo ou do valor máximo. Iida (2006) Considera a iluminância geral mínima média a ser atingida em um ambiente de sala de aula de 300lux e considera a proporção de 3:1 ideal para o contraste entre tarefa e entorno imediato.

1.1. Céu claro e encoberto

Em inúmeras edificações, em dias de céu encoberto, a utilização da luz artificial se faz necessária para a realização de determinadas tarefas visuais. Lamberts (1997) define três tipos de céu: céu limpo ou claro; céu parcialmente nublado ou anisotrópico e céu nublado ou isotrópico. Cintra do Prado (1962) classifica os tipos de céu segundo a porcentagem que o mesmo é encoberto por nuvens, em céu limpo (oculto 30% por nuvens); céu parcialmente nublado (oculto de 30 a 70% de nuvens); céu nublado (oculto em mais de 70% por nuvens) e céu encoberto (100% oculto por nuvens). Nesta pesquisa trabalhou-se com dois tipos de céu: céu claro e céu encoberto.

A NBR 15215-4:2005 recomenda para levantamentos nos quais não seja possível um monitoramento da iluminação natural ao longo do ano, que se verifique a iluminância nas condições

2.2. Caracterização das salas de aula

As salas são de formato retangular e apresentam padrões tradicionais de *layout* de sala de aula. Possuem 17,49m² de área, janela em ferro, pintada de azul claro e vidro transparente de 3mm de espessura, o piso é feito de Granilite em todos os pavimentos, predominando uma coloração cinza esverdeada. As paredes das salas de aula (Figuras 5 e 6) são todas de alvenaria pintadas de cor branca e possuem cortina de tonalidade bege. As vigas são visíveis e pintadas na cor creme.



Figura 5 – Vista interna das paredes e carteiras da sala de aula



Figura 6 – Vista interna das janelas da sala de aula

2.3. Procedimentos das medições

De acordo com a NBR 15215-4:2005, tais medições devem ser feitas dentro de regiões quadradas demarcadas no ambiente (Figura 4). Nesta pesquisa criou-se uma malha quadrada com auxílio de cordões de barbante (o número de divisões, ou pontos, depende do “K” – índice local – que por sua vez, depende da largura e comprimento do ambiente e a altura entre a superfície de trabalho e o topo da janela). As medições realizaram-se a 75 cm do piso acabado, que corresponde a altura da superfície de trabalho (carteiras), respeitando o afastamento mínimo de 50 cm das paredes.

Tendo como referência a NBR 15215-4:2005, mediu-se o valor da iluminância no centro de cada região e fez-se a média aritmética desses valores, obtendo-se assim, a iluminância média. A quantidade de pontos obedece também à norma citada, determinado através da Equação (1) e com auxílio da Tabela 1.

$$K = C.L / Hm * (C+L) \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

C = comprimento do ambiente (metros);

L = largura do ambiente, (metros);

Hm = distância entre a superfície de trabalho e o topo da janela, (metros).

Tabela 1 – Quantidade mínima de pontos a serem medidos

K	Número de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215-4:2005 - Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações.

Encontrou-se 16 pontos, como o número mínimo de pontos, porém foram demarcados 20 pontos nas salas (Figura 4). Tal decisão foi tomada a fim de se obter uma malha mais quadrada, e assim conseguir, uma iluminância média mais próxima da realidade. As medidas realizaram-se com as luzes apagadas, contemplando apenas a luz natural que as salas apresentavam.

Nas medições realizadas com o céu claro e encoberto não ocorreu chuva durante todo o dia. E as medições foram realizadas manualmente.

2.4. Medições

Para a realização das medições nas salas de aula foi necessária à utilização dos seguintes instrumentos: dois luxímetro do modelo LD-200 Digital Lux Metter, 9V; barbante; trena e fita adesiva. Utilizou-se um luxímetro para as medições internas, e o outro, simultaneamente, para medição da iluminância externa, com a fotocélula protegida da incidência direta da radiação solar.

As salas foram avaliadas nos meses de outubro e novembro de 2009 e em julho de 2010, em dias de céu claro e encoberto, às 9h, 12h e 15horas. As salas encontravam-se com janelas e portas fechadas e cortinas abertas.

As medições foram feitas seguindo os procedimentos determinados pela NBR 15215-4/2005, e, posteriormente, os dados foram comparados com os valores estipulados pela NBR 5413:1992.

2.5. O usuário

Os usuários são os estudantes do curso de Engenharia Civil e 55% dos entrevistados utilizam as salas de aula a mais de 2 anos. A faixa etária dos acadêmicos está entre 16 e 25 anos, porém 81% dos entrevistados nesta pesquisa possuem entre 21 a 25 anos. E predomina estudantes do sexo masculino.

2.6. Questionário

O questionário foi elaborado de acordo com a pesquisa de Sardeiro (2002) com objetivo de verificar a opinião dos usuários com relação à iluminação das salas de aula. Primeiro determinou-se os aspectos de interesse para a pesquisa, são eles:

- Familiaridade com o imóvel, há quanto o utiliza;
- Uso de iluminação artificial, período que é necessário;
- Satisfação das aberturas, quanto à dimensão, tipologia, conforto luminoso;
- Caracterização do morador: sexo e idade.

Segundo, estabeleceu-se um plano de perguntas, visando constatar se as possíveis respostas estão contidas no objetivo da pesquisa e, terceiro, estudou-se a redação das perguntas com a finalidade de se trabalhar com uma linguagem conveniente à população a ser entrevistada.

O questionário possui 12 perguntas fechadas, que se iniciou com perguntas que não formulam problemas; em continuação têm-se perguntas referidas à problemática, seguindo com perguntas que constituem o núcleo do questionário, mais complexas e, finalizando, questões mais fáceis e mais rápidas de serem respondidas.

Os questionários foram aplicados face a face, o pesquisador e o entrevistado, onde as perguntas foram preenchidas pelo pesquisador, no momento da entrevista.

Foram aplicados 40 questionários aos usuários das salas com aberturas voltadas para leste e oeste, nos horários em que foram realizadas as medições *in loco*.

2.7. Análise de Resultados

Para facilitar a compreensão foram divididos em céu claro e céu encoberto nas duas estações do ano avaliadas e nos três horários estabelecidos.

Independente de céu claro ou encoberto e da estação do ano, registrou-se valores baixos do nível de iluminância nas salas de aula. Este fato se deve principalmente:

- à presença em toda a fachada, de dispositivos de sombreamento, os quais reduzem significativamente a parcela da abóbada celeste visualizada por um observador no interior da sala, porém reduz ganhos térmicos e o ofuscamento, decorrentes da incidência da radiação solar direta;
- e a existência de obstáculos no exterior, próximo às aberturas, neste caso, a sala 106, possui outro bloco com implantação próxima que influencia na quantidade e qualidade de luz no interior das salas.

2.7.1. Céu claro e encoberto na estação da primavera

A partir dos valores de iluminância coletados, que foram inseridos no programa *Surfer*, obteve-se diferentes tonalidades de laranja, as quais representam a distribuição dos valores de iluminância nas salas de aula medidas *in loco*.

Observou-se que os pontos números 8 e 16, por estarem dispostos próximos as janelas e na região central apresentaram os valores mais elevados de iluminância, e a medida que se afasta das aberturas, como esperado, decrescem, chegando a valores mínimos de 9lux e 14lux.

Pode-se verificar através das Figuras 7 e 8 o mapeamento dos valores de iluminância na sala voltada para orientação leste, às 9h da manhã, com céu claro e encoberto, respectivamente. E nas Figuras 9 e 10 na sala voltada para orientação oeste às 15h.

Em virtude dos brises, percebem-se uma atenuação dos valores de iluminância mesmo próximo as aberturas, porém existe uma distribuição de luz de forma heterogênea, podendo ocasionar a fadiga visual em determinados pontos da sala.

Apesar de apresentarem os valores da iluminância média baixos de 128lux e 58lux, na orientação leste e 76lux e 57lux, na orientação oeste, valores inferiores ao determinado pela NBR 5413:1992, que é de 300lux, constatou-se uma diferença que não foi significativa, dos valores encontrados, com a presença e ausência de nuvens na abóbada celeste na sala voltada para a orientação oeste. Na sala com aberturas voltadas para a orientação leste, com céu claro, a iluminância variou de 71lux a 211lux, enquanto que, com céu encoberto de 20lux a 190lux. Onde a diversidade de iluminância registrou valores de 2,9:1 e 9,5:1 e a uniformidade de 0.5 e 0.3, com céu claro e encoberto, respectivamente. Ocasionalmente dessa maneira uma diversidade menor que a relação de 5:1, e uniformidade de iluminância apresentou valores inferiores a 80% do valor da iluminância média.

A partir da identificação dos ângulos correspondentes a janela e aos brises, foi possível traçar a máscara de sombreamento da janela. A incidência direta da radiação solar na fachada da sala 105 ocorre do nascer do Sol até as 8h30, e após as 16h na fachada da sala 106. Após este horário a presença dos brises horizontais e verticais minimizam a radiação, como pode ser visualizado nas Figuras 11 e 12 em ambas as salas, chegando a reduzir significativamente os valores de iluminância no interior das mesmas. A realização de qualquer atividade visual em qualquer uma das salas no período da manhã ou da tarde só é possível com a iluminação artificial complementar.

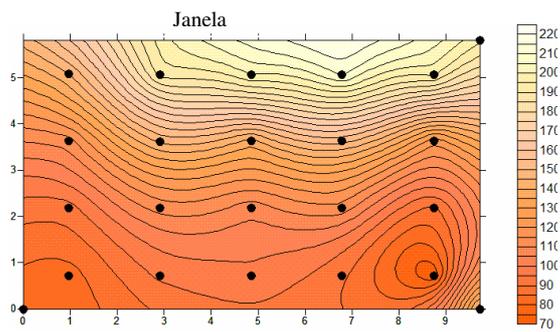


Figura 7 – Valores da iluminância na sala 105 voltada para orientação leste com céu claro às 9h

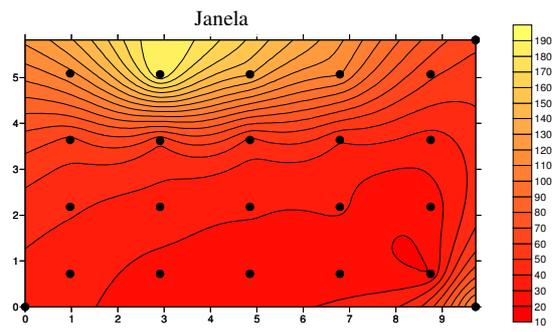


Figura 8 – Valores da iluminância na sala 105 voltada para orientação leste com céu encoberto às 9h

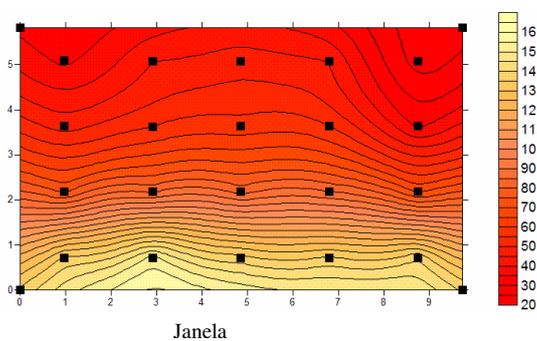


Figura 9 – Valores da iluminância na sala 106 voltada para orientação oeste com céu claro às 15h

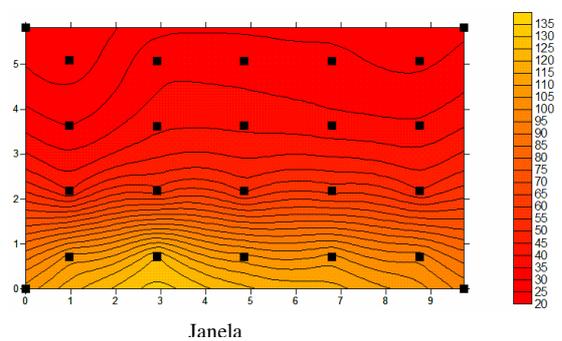


Figura 10 – Valores da iluminância na sala 106 voltada para orientação oeste com céu encoberto às 15h

Por meio desses gráficos, é possível verificar que não ocorreram diferenças significativas com relação aos valores de iluminância nas duas salas de aula com céu claro e encoberto na estação da primavera.

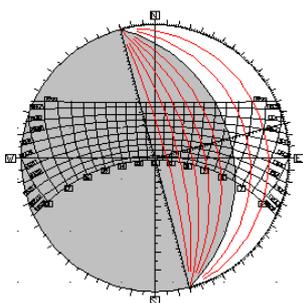


Figura 11 – Máscara de sombra das proteções solares da sala 105

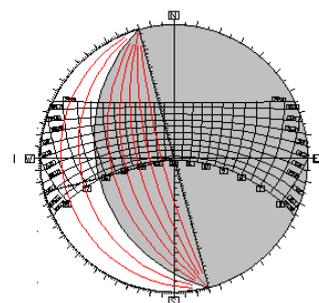


Figura 12 – Máscara de sombra das proteções solares da sala 106

2.7.2. Céu claro e encoberto na estação do inverno

A Figura 13 mostra os valores da iluminância na sala com aberturas voltadas para a orientação leste às 9h (sala 105), na estação do inverno. Comparando-a com a Figura 7, percebe-se uma redução insignificante dos valores de iluminância. Observam-se ainda nas Figuras 14, 15 e 16 que ocorre uma distribuição não uniforme de iluminâncias entre os valores obtidos em ambas as

salas. Esta situação ocasiona contrastes desconfortáveis de luz no interior das salas, gerando um ofuscamento direto e refletido, e conseqüentemente, prejuízos ao desenvolvimento das atividades.

A área de janela das salas de aula corresponde a mais de 50% de área de fachada, porém a presença dos dispositivos de sombreamento reduz de maneira significativa a entrada de luz natural nas salas de aula. Observando-se valores irrisórios de 57lux de iluminância média em um local destinado a atividade de leitura e escrita, no qual a NBR 5413:1992 determina 300lux. Comprova-se também, os valores insuficientes de luz natural nas salas de aula, através dos questionários, onde 100% dos usuários confirmaram a necessidade do uso da luz artificial durante o dia para a realização das atividades.

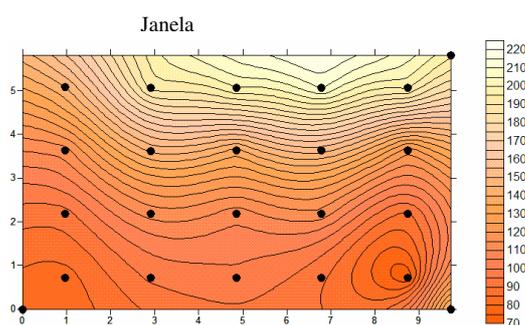


Figura 13 – Valores da iluminância na sala 105 voltada para orientação leste com céu claro às 9h

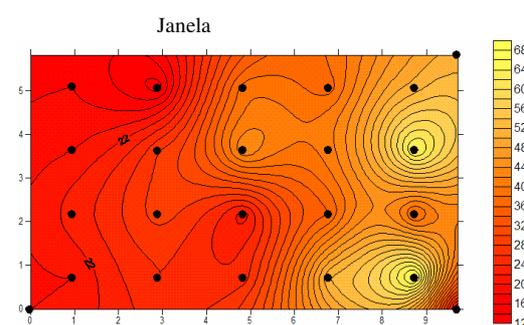


Figura 14 – Valores da iluminância na sala voltada para orientação leste 105 com céu encoberto às 9h

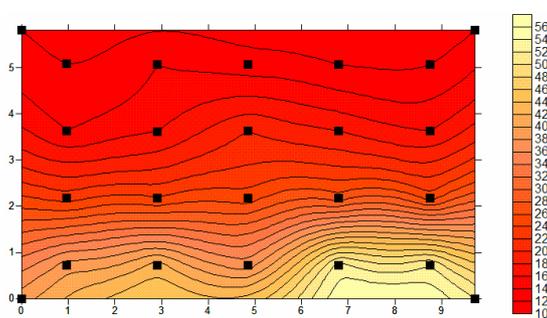


Figura 15 – Valores da iluminância na sala 106 voltada para orientação oeste com céu claro às 15h

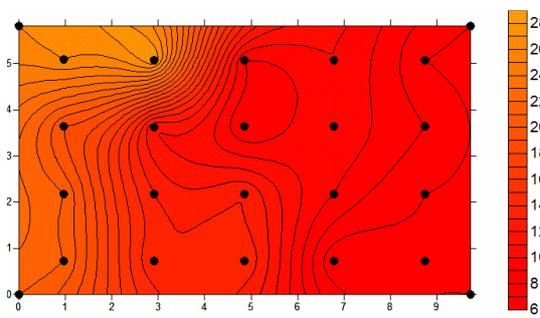
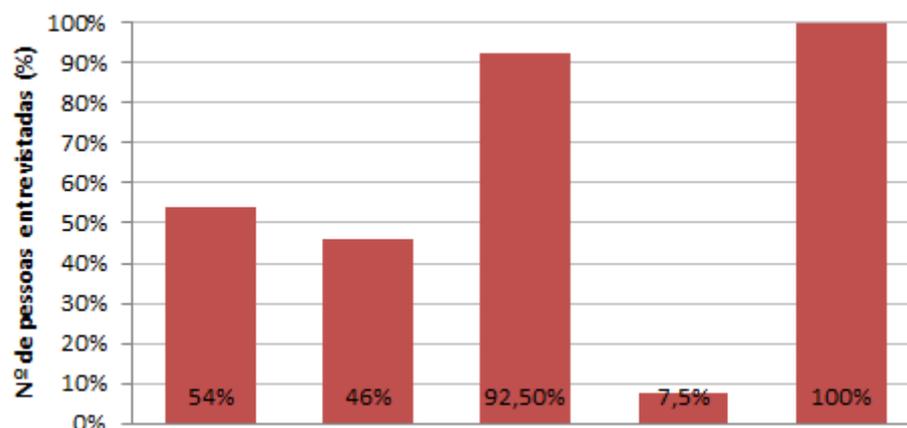


Figura 16 – Valores da iluminância na sala 106 voltada para orientação oeste com céu encoberto às 15h

A avaliação do usuário é importante para subsidiar os valores obtidos via medições *in loco*, mas observou-se uma falta de percepção, de sensibilidade do usuário no tocante a luz natural. Atribui-se este fato, a uma questão cultural, devido à facilidade do uso da luz artificial. De acordo com a Figura 17, aproximadamente 60% dos usuários atribuíram o conceito “bom” para a quantidade de luz natural nas salas de aula, apesar dos valores encontrados para este tipo de iluminação serem muito abaixo do que o recomendado pela NBR 15215-4, os usuários não percebem esta deficiência, provavelmente por saberem que não dependem dela, e devido ao fácil acesso à iluminação artificial; 100% dos entrevistados disseram que precisam de iluminação artificial (IA) para realizarem suas atividades; 46% classificaram a iluminação natural (IN) como insuficiente; já 92,5% classificaram a IA como boa; 7,5% classificaram a IA como insuficiente. Espera-se, porém, que esse pensamento evolua, principalmente devido às preocupações atuais em desenvolver uma arquitetura mais sustentável, logo, que priorize a utilização da luz do Sol como um de seus itens primordiais.

Figura 17 – Resultado da avaliação dos usuários quando questionados sobre a quantidade de luz natural e artificial nas salas de aula em ambas as fachadas



3. CONCLUSÃO

Os níveis de iluminância correspondentes somente ao uso de iluminação natural mostraram-se insuficientes nas duas salas analisadas, tanto a sala com aberturas voltadas para a orientação leste como para oeste, independente da estação do ano e do horário de utilização. Os valores obtidos registraram significativa diferença quando comparados ao da NBR 5413:1992.

Os elementos de proteção solar têm o objetivo de minimizar, ou até mesmo, bloquear a incidência da radiação solar direta no interior da sala, reduzindo o ganho térmico indesejável, porém a aplicação intuitiva desses elementos, sem um estudo prévio da orientação, dos materiais, refletividade e dimensionamento pode acarretar em sérios prejuízos ao ambiente, tratando-se da iluminação natural.

Através da avaliação do usuário percebeu-se uma falta de percepção com a questão da qualidade da luz natural no interior de uma edificação. Porém a tendência é que este comportamento modifique, em virtude, de cada vez mais, procurar desenvolver uma arquitetura mais sustentável, portanto, que priorize a utilização da luz do Sol como um de seus itens primordiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15215-4**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BITTENCOURT, L.S. e MELO, M.C. & FERREIRA, D.B. **A influência dos protetores solares verticais na iluminação natural das edificações escolares do município de Maceió-Alagoas**. In:ENCAC – Encontro Nacional e Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Rio de Janeiro, RJ, agosto de 2011;

CINTRA DO PRADO, L. **Iluminação natural**. São Paulo, FAU/USP, 1962.

CORREA, S.R.M. **Desempenho visual em salas de aula: análise comparativa de componentes de aberturas laterais.** In: ENCAC – Encontro Nacional e Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Rio de Janeiro, RJ, agosto de 2011;

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgar Blucher, 2006.

LAMBERTS, R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação natural no ambiente construído.** In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais. Gramado: ANTAC, 1995.

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

SADEIRO, P. S. **Estudo das Janelas Laterais e a Iluminação Natural: estudo de caso.** São Carlos, 2002. 141p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

SOARES, M. M. e VALADARES, V. M. **Potencialidades luminosas de tipologias de janelas em interiores.** In: Encontro Nacional e Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído. Anais, Fortaleza, CE, novembro de 1999.