

# **Influência da Cor das Paredes e do Layout das Aberturas no Aproveitamento da Luz Natural do Ambiente**

## ***Influence of Color of the Walls an the Layout of Windows in Advanced of Light Natural Environment***

### ***Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto***

Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC, professora do Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica da UFPR, professora do curso de Engenharia Mecânica da UFPR, Professora do Programa de Pós-graduação em DESIGN da UFPR e Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica

### ***Sandra Regina Marchi***

Mestre em Engenharia Mecânica, UFPR.

### ***Eduardo Leite Krüger***

Doutor em Arquitetura pela Universität Hannover, Alemanha e Pós-doutorado na Ben-Gurion University of the Negev, Israel. Professor do curso de Engenharia Mecânica- UTFPR, professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil (UTFPR), professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (UTFPR).

## **Resumo**

Neste estudo procurou-se analisar a influência da cores de paredes no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos de locais de trabalho em dia de céu encoberto, padrão para a cidade de Curitiba/Brasil. Através do *software* DLN apresentado por Scarazzato (1995) obtiveram-se os dados sobre a disponibilidade de luz natural no inverno e verão, em dia de céu encoberto. Estes dados são aplicados no cálculo específico do DF (*Daylight Factor*) para a obtenção do potencial de luz natural no ambiente. Também se utilizou o *software* Luz do Sol para determinar a Componente Celeste ( $CC_p$ ), que influencia a quantidade de luz difusa recebida no ambiente. O coeficiente de refletância das cores analisadas permitiu avaliar o potencial de aproveitamento da luz natural disponível no inverno e verão para a cidade de

Curitiba, durante diversas horas do dia. Verificou-se que a cor das paredes internas exerce baixa influência sobre a iluminância interna do ambiente em dia de céu encoberto. O tamanho e o posicionamento das aberturas de janela são os fatores que ocasionaram melhor resultado para o potencial de aproveitamento da luz natural, tanto no inverno quanto no verão.

**Palavras-chave:** Ergonomia Ambiental, Cor do Ambiente, Iluminação Natural.

### ***Abstract***

In this work, the main objective was the analysis of the wall color influence on the potential of use daylighting built environments. By means of the DLN software, presented by Scarazzato (1995), outdoor illuminances under overcast sky were applied in the specific calculation of the DF coefficient (Daylight Factor) in order to assess the potential of daylighting in the environment. Also, the “Luz do Sol” software was used to obtain the Sky Component ( $CC_p$ ), that it influences the amount of received diffuse light in the environment. The reflectance coefficient of the analyzed colors allowed evaluating the potential of use of available daylighting in winter and in summer for the city of Curitiba/Brasil during several hours of the day. It was verified that, for a day of overcast sky, the color of the walls is of little influence on the indoor illuminance of the built environment. For both winter and summer, the size and the positioning of the window openings are the factors that showed better results for the potential of use daylighting.

**Key Words:** *Environmental Ergonomics, Environmental Color, Daylighting.*

### **Introdução**

A norma NB 57 – Iluminância de interiores (ABNT, 1991), cita que a quantidade de luz desejada e necessária para qualquer instalação depende da atividade a ser executada, do grau de habilidade requerida, da minuciosidade do

detalhe a ser observado, da refletividade da cor e o tipo da tarefa, assim como os arredores imediatos, afetam as necessidades de iluminância, que produzirão as condições de visibilidade máxima.

Uma parte da fadiga física que é sentida todos os dias deve-se ao esforço realizado para ver. Ambientes absolutamente uniformes, em termos de iluminação e com uma pobreza no uso das cores, causam depois de algum tempo o que se descrever como sonolência, cansaço, redução para disposição ao trabalho, ou seja, tudo aquilo que reflete a sensação de desconforto visual que o ambiente acarreta (VIANNA *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 1992).

Prover iluminação adequada não é um luxo, mas é, sobretudo satisfazer as necessidades do indivíduo a todo o momento por meio de uma análise adequada do ambiente (LIMA, 2002). Locais de trabalho com condições favoráveis, que atendam às necessidades de seus usuários aos níveis fisiológico e psicológico, exercem impactos positivos sobre os mesmos, resultando em melhor desempenho e maior produtividade.

Um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. As decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto (PEREIRA, 1995).

Segundo Papst *et al.* (1998) é importante avaliar a entrada de luz natural através das aberturas externas, nas diversas horas do dia e do ano, e com isso desenvolver uma metodologia de análise da quantidade e da distribuição da luz natural nos ambientes internos. Assim, pode se prever onde e quando se faz necessário o uso da iluminação artificial complementar à natural, facilitando o projeto luminotécnico.

Para Stone *et al.* (1998, 2003) a presença de janelas no ambiente de trabalho é algo de suma importância. Mesmo que o trabalhador não aviste o exterior, a sua simples presença física permite a entrada de luz e calor. Além de atuar psicologicamente de forma positiva, não gerando a sensação de confinamento. Segundo Menzies *et al.* (2005) as aberturas de janelas são importantes em um ambiente de trabalho, tanto por razões de conforto ambiental como também por fatores fisiológicos e psicológicos dos trabalhadores.

Pesquisadores como Menzies *et al.* (2005), Tabet-Aoul (2004), Heerwagen (2000, 2004) e Sekhar *et al.* (1998), defendem a idéia de que o uso racional das aberturas é parte muito significativa nas construções arquitetônicas, pois proporcionam arquiteturas com maior potencial de conservação de energia

(ambientes sustentáveis energeticamente). Ainda, proporciona ao trabalhador a visão da rua e a observação do tempo (clima), fato que reduz a abstenção ao trabalho e aumenta a produtividade do trabalhador, unindo o ambiente social promovendo também a sustentabilidade cultural (*cultural sustainability*).

Os estudos de Vine *et al.* (1998), Hygge *et al.* (1999), Leslie (2003), Boyce *et al.* (2004) mostram o desejo e a preferência pela luz natural ao invés da iluminação elétrica por trabalhadores de escritórios. Os trabalhadores preferiram estar próximos a janelas, mesmo ocorrendo problemas de ofuscamento e reflexões em seus monitores de computadores.

Uma melhor utilização do potencial de iluminação natural não significa simplesmente economia de energia elétrica, mas envolve necessariamente uma utilização mais racional da mesma, com o dimensionamento adequado dos sistemas de iluminação natural e artificial, a fim de se evitar ambientes com condições de iluminação inadequadas. Ghisi (1997) afirma que um elevado potencial de economia de energia pode ser alcançado se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos. No entanto, a iluminação natural não resulta diretamente em economia de energia. A economia só ocorre quando a carga de iluminação artificial pode ser reduzida através de sua utilização.

Conforme Rea *et al.* (2000) em um trabalho recente em iluminação postulou um mecanismo fisiológico que pode explicar porque a luz natural melhora no desempenho. Trabalhos experimentais mostraram que a melatonina, o hormônio responsável por regular o relógio interno biológico, é influenciado pela exposição aos níveis de luz típicos da luz do dia o qual é, em ordem de magnitude, acima dos níveis de iluminação normais dos ambientes construídos.

Para Mahnke (1996) tanto da ordem física quanto psicológica a luz e a cor provocam sensações e o organismo humano responde a estes estímulos, que podem afetar no funcionamento do corpo, influenciando a mente e as emoções.

As pesquisas de Stone *et al.* (1998, 2001, 2003) mostram que ao expor indivíduos a estímulos como o da cor pode-se observar a influência desta sobre certas variáveis comportamentais, tais como: a satisfação, a motivação, o desempenho e o humor. Assim, o ambiente pode auxiliar estimulando o indivíduo no desempenho de tarefas simples ou complexas, que requerem alta atenção, suavizando a monotonia e reduzindo a distração e a fadiga.

Para Crouch *et al.* (1989), os estímulos ambientais podem interferir na percepção do nível de exigência da tarefa. Kaplan (1983) defende a idéia de

que os ambientes devem ser restauradores (*restorative environments*), ou seja, devem favorecer o bem estar do trabalhador. Estes ambientes podem oferecer oportunidades para reflexões ou *insight* e ainda influenciar o comportamento do trabalhador. Por exemplo, indivíduos que realizam atividades que exigem grande atenção necessitam que o ambiente promova estímulos visuais que restaurem seu ânimo e amenizem a carga de estresse gerado pelo trabalho.

Neste trabalho fez-se uso do método do papel branco para a obtenção da estimativa dos coeficientes de refletância de diversas cores de tintas. Utilizou-se o *software* DLN (Disponibilidade de Luz Natural) que possibilitou obter as variáveis necessárias para o cálculo do DF (*Daylight Factor*). Também se utilizou o *software* Luz do Sol para determinar a Componente Celeste ( $CC_p$ ), fator integrante no cálculo do DF. O coeficiente de refletância das cores analisadas permitiu avaliar o potencial de aproveitamento da luz natural disponível no inverno e verão para a cidade de Curitiba. O experimento foi feito em dia de céu encoberto predominante na cidade de Curitiba.

Para o conhecimento dos níveis de iluminância e luminância do dia, foram analisadas e testadas algumas alternativas para a orientação do dimensionamento e posicionamento ideal para as aberturas das janelas relacionadas com a cor da parede, para se chegar a uma melhor solução técnica de projeto.

Segundo Lamberts *et al.* (1997), também Córlica *et al.* (2005), o **método do papel branco** consiste na execução de duas medições com um luxímetro voltado para uma superfície a uma distância de 8 a 10 cm: uma medição com a superfície nua (real)  $E_{sup}$ , e a segunda com uma folha de papel branco sobre a superfície,  $E_{pb}$ . Assumindo-se uma refletância de 90% para o papel branco, a refletância da superfície pode ser obtida por uma relação simples:

$$\rho_{sup} = 90 \cdot E_{sup} / E_{pb} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{sup}$  é a refletância da superfície (%)

$E_{sup}$  é a iluminância refletida pela superfície (%)

$E_{pb}$  é a iluminância refletida pela superfície com papel branco (%)

Em um bom projeto que busca o aproveitamento da luz natural, é essencial o conhecimento sobre a disponibilidade da luz natural e a iluminância em um certo ponto P no interior do ambiente construído. Esta condição de

distribuição de iluminância no ambiente é demonstrada pelos valores de DF, *Daylight Factor* (VIANNA *et al.*, 2001).

### **Procedimento Experimental**

Para determinar as cores para o experimento foram realizadas visitas em 10 (dez) indústrias e em 25 (vinte e cinco) laboratórios de Engenharia Mecânica para a identificação das cores utilizadas nestes locais de trabalho. Também foram contatados 10 (dez) profissionais projetistas de ambientes de trabalho (arquitetos e decoradores), que apontaram as cores preferidas para estes ambientes.

Desta forma foram selecionadas doze (12) cores de tintas imobiliárias de marca com grande preferência pelo mercado. Todas as tonalidades em tintas foscas a base de água (PVA).

Das cores de tinta selecionadas foram obtidas amostras de tamanho de 2 cm x 0,5 cm de cada uma, depois escanadas e gerado um arquivo “jpg” com a identificação das cores (RGB) sendo realizado pelo programa Adobe PhotoShop 7.01. Assim, através deste método obteve-se uma associação com o sistema RGB para permitir a reprodução da cor do experimento em meio digital (MARCHI, 2007).

A sala escolhida para o experimento faz parte do Laboratório de Ergonomia e Usabilidade da Universidade Federal do Paraná, localizada no mezanino do prédio da Engenharia Mecânica – Centro Tecnológico. As medidas da sala são as seguintes: 3,60m x 3,25m, total de 11,70m<sup>2</sup>; pé-direito = 2,90 m; área total de paredes = 29,45 m<sup>2</sup>; área de janela = 1,30 m<sup>2</sup>.

Como instrumento de superfície reflexiva (colorida), utilizou-se 12 (doze) telas para pintura artística no tamanho de 40 x 40 cm pintados com tinta imobiliária fosca, à base de água (MARCHI, 2007).

O equipamento utilizado para as medições do método do papel branco foi um luxímetro digital MLM – 1010, da marca Minipa, calibração de fábrica.

Foi o estabelecimento de uma programação temporal das medições. A avaliação do desempenho da iluminação natural nas piores condições de céu possíveis (em céu encoberto) foi feita durante os períodos de inverno e verão na cidade de Curitiba, onde a ocorrência deste céu é predominante, a fim de atender as condições de uso do DF.

Estudos dos valores de DF confirmam que a **disponibilidade de luz natural** para um ponto ou área de um ambiente projetado é determinada pelos seguintes fatores: localização geográfica, latitude; hora do dia; estação do ano; características climáticas; configuração morfológica do entorno (VIANNA *et al*, 2001).

Enquanto a **quantidade de luz natural** está relacionada a outros fatores de dependência: brilho do céu (intensidade) na região; tamanho e posicionamento das aberturas (configuração do projeto arquitetônico); reflexões vindas do exterior e reflexões das superfícies internas do cômodo (análise da situação real) (VIANNA *et al*, 2001).

Empregou-se o método de cálculo DF (*Daylight Factor*) para calcular e testar alternativas para o dimensionamento ideal de aberturas de janelas tendo em conta a refletância das cores das paredes destes ambientes, para se chegar a uma melhor solução de projeto (técnica e econômica) para o melhor aproveitamento da luz natural.

A proposta do método foi visualizar, ao final da pesquisa, gráficos de iluminância em ponto pré-definido de uma sala padrão, considerando diferentes posições e proporções da área de janela pela área de parede. Para a determinação da razão janela-parede - WWR (*Window to Wall Ratio*), área da janela, ou 80% da área total do vão (retirando o caixilho), dividida pela área total da parede que a contém (comprimento x pé-direito).

### **Método de Análise / Procedimento de Cálculo**

A luz natural alcança um ponto no interior de uma edificação por meio de três caminhos distintos: **CC<sub>p</sub>** (componente de céu), estes valores foram obtidos através do *Software Luz do Sol* (RORIZ, 1995). **CRE** (componente de reflexão externa), como a sala escolhida para o experimento não possui obstruções externas, o CRE foi considerado 0 (zero) e **CRI** (componente de reflexão interna) (VIANNA *et al*, 2001).

Com os valores de **CC<sub>p</sub>**, obtidos do *Software Luz do Sol*, calculou-se empiricamente, utilizando uma malha quadriculada 4x4 mm sobre o diagrama do *Software Luz do Sol* em escala 1/75, os valores da quantidade de luminosidade incidente do céu (CC) para cada caso simulado (área e posição das janelas no ambiente). O valor de CC é a luminosidade geral média no ambiente em estudo enquanto que **CC<sub>p</sub>** é a luminosidade que atinge o ponto p

selecionado. No presente trabalho, o ponto p sempre foi assumido estar no centro da sala.

O cálculo desta componente foi obtido da seguinte forma:

A contribuição das superfícies internas é expressa na parcela de CRI, calculado segundo a equação, onde o céu é calculado a partir da área total ( $S_{total}$ ), subtraindo-se a área de superfície da janela ( $S_{janela}$ ), dividida pela área total ( $S_{total}$ ), multiplicando-se o índice de reflexão ( $\rho_{médio}$ ) e o índice de componente celeste ( $CC_p$ ):

$$CRI = ((S_{total} - S_{janela}) / S_{total}) \times \rho_{média} \times CC_p \quad \text{onde :} \quad (3)$$

$\rho$  = capacidade de refletância do material em questão. Para o cálculo da refletância média:

$$\rho_{média} = ((S_{teto} \times \rho_{teto}) + (S_{piso} \times \rho_{piso}) + (S_{parede} \times \rho_{parede})) / \Sigma_{áreas} \quad (4)$$

Assim, da área de parede colocada na fórmula acima, se subtrai a área de janela considerando apenas a área encontrada da altura do plano de trabalho para cima. Os efeitos das regiões mais baixas e do piso são desprezíveis para uma verificação rigorosa (VIANNA *et al.*, 2001).

Através da soma dos valores resultantes da multiplicação da participação percentual de cada parede e teto por seus respectivos valores de refletância, é encontrado o valor de CRI em relação à localização do ponto P. Ou seja, CRI depende das áreas das superfícies internas com suas respectivas cores e texturas, sendo o teto a principal superfície de reflexão e o piso o menos significativo, exatamente por suas posições relativas ao plano de trabalho ou de interesse (VIANNA *et al.*, 2001).

Contudo, o somatório destas componentes deve ser corrigido matematicamente para que possa expressar a quantidade real de luz que chega até um ponto no interior, uma vez que a especificação do material translúcido ou transparente, a sua estrutura de fixação e seu estado de manutenção, representam significantes agentes de redução da luz natural, lido nos seguintes fatores:  $K_c$  (fator de caixilho),  $K_t$  (coeficiente de transmitância do material de vedação da abertura),  $K_m$  (fator de manutenção da abertura.)

Feita a consideração de todas as variáveis na quantidade resultante de luz natural em um ponto do interior, chega-se à seguinte equação:

$$E_p = \text{Iluminância do ponto P} = (CC + CRE + CRI) \times K_c \times K_t \times K_m \quad (5)$$

Apesar dos valores de  $K_c$ ,  $K_t$ ,  $K_m$ , e  $\rho$ , serem normalmente valores apresentados em forma de porcentagens, devem ser inseridos na fórmula como números absolutos.

Para fins de cálculo, foram mantidas constantes as variáveis CRE,  $K_t$  e  $K_m$  da expressão contida no método de determinação de DF e foram variados os valores de CC, CRI,  $K_c$  em função das áreas de janela e parede. Ao fim, foi encontrado  $E_p$  (iluminância no ponto) em função de DF e de  $E_{\text{externo}}$  (*software* DLN para dias típicos de inverno e verão em Curitiba).

No conceito de DF é considerado o céu com distribuição de luminâncias uniformemente constante com relação ao azimute, ou seja, céus uniformes e encobertos (VIANNA *et al.*, 2001).

Uma vez encontrado o valor de  $E_p$  (DF) e tendo-se ciência do valor de  $E_E$ , o valor de proporção, ou seja, o valor de DF é expresso pela relação:

$$DF = E_{\text{interno}} / E_{\text{externo}} \times 100\% \quad (6)$$

As equações de cálculo de valores DF evidenciam o fato de que o tamanho, a geometria e a localização das aberturas, em conjunto com as refletâncias das faces internas e vidros, são os principais parâmetros de projeto, manipuláveis quanto ao controle da luz natural no interior dos edifícios (VIANNA *et al.*, 2001).

As condições físicas do experimento são as seguintes: a sala do experimento (Laboratório de Ergonomia e Usabilidade – UFPR) está localizada na cidade de Curitiba, em orientação Norte. O experimento foi realizado em dia de inverno (dia 28 de junho de 2006) com o céu encoberto, entre os horários de 14h00min e 16h00min.

Nas simulações para outros WWR's, adotou-se as áreas de janelas de 2,60m<sup>2</sup> e 3,90 m<sup>2</sup> e proporções relacionadas abaixo:

$$1 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,17 \text{ ou } 17\% \text{ (Figuras 1 – a, b);}$$

$$2 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,34 \text{ ou } 34\% \text{ (Figuras 1 – c, d);}$$

$$3 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,52 \text{ ou } 52\% \text{ (Figura 1 – e).}$$

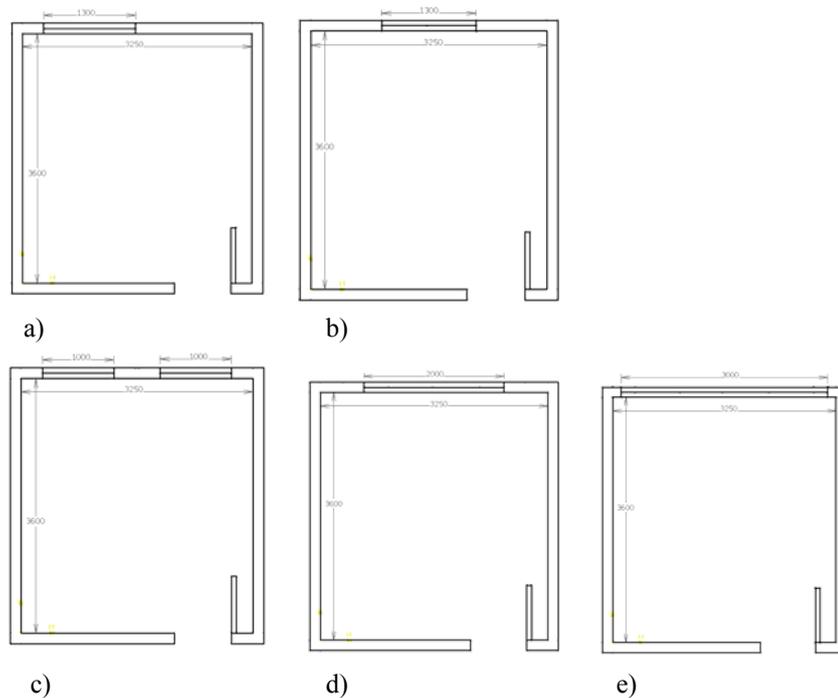


Figura 1(a,b, c,d,e)- Planta da sala com as aberturas WWR 17%, 34%,52% e diferentes posicionamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Índice de Refletância das Cores de Tintas

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de refletância para diferentes cores. Na primeira coluna estão as cores utilizadas no experimento, a segunda coluna mostra os resultados destas cores obtidas através do Método do Papel Branco, na terceira coluna estão os índices de refletância das cores segundo Piloto Neto (1980), na quarta coluna os índices de refletância das cores segundo Santos *et al.* (1992) e na quinta coluna estão os índices de refletância das cores segundo Castro *et al.* (2003).

Tabela 1 - Índices de refletância para diferentes cores.  
Adaptado: Piloto Neto (1980), Santos *et al.* (1992) e Castro *et al.* (2003).

<b>Cores de Tintas</b>	<b>Método do Papel Branco %</b>	<b>PILOTO NETO (1980) %</b>	<b>SANTOS <i>et al.</i> (1992) %</b>	<b>CASTRO <i>et al.</i> (2003) %</b>
<b>Branco</b>	90	80	98	88
<b>Amarelo Claro</b>	72,52	70	70	70
<b>Laranja</b>	57,79	50	50	51
<b>Azul claro</b>	54	50	50	41
<b>Rosa</b>	51,3	60	60	51
<b>Verde claro</b>	49,40	60	60	36
<b>Lilás</b>	37,8	38	40	-
<b>Verde azulado</b>	32,4	12	12	-
<b>Verde máquina</b>	31,5	25	25	17
<b>Cinza escuro</b>	20,7	30	31	28
<b>Vermelho</b>	16,02	17	7	30
<b>Preto</b>	3,08	0	-	4

Observa-se que para todas as cores se encontrou diferença entre os resultados experimentais e os de literatura, como é o caso do rosa de 51,3% para 60%, do verde máquina de 31,5 para 25%, do verde claro de 49,40 para 60%, do cinza escuro de 20,7 para 30%, do verde azulado de 32,4 para 12%, do lilás de 37,8 para 40%, do branco de 90 para 80 e 98%, do preto de 3,08 para 0% e do vermelho de 16,02 para 17 e 7%. As cores que apresentaram resultados aproximados com a literatura foram o amarelo claro com 72,52 para 70%, o azul claro com 54 para 50% e o laranja com 57,79 para 50% (Tabela 2).

Em Piloto Neto (1980) e Santos *et al.* (1992) não é citado qual o método utilizado por estes autores para determinar os valores de refletância das cores, também não há especificações com referências exatas destas cores. Já, em Castro *et al.* (2003) a técnica utilizada é a análise espectrofotométrica.

### **Influência da Posição das Janelas no Efeito de Cores de Tintas**

#### **Comparação entre Janelas WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente – inverno/verão)**

As Figuras 2a e 2b mostram a variação de Eint (Lux) para a mesma abertura (WWR 17%), em diferentes cores de parede, apenas alterando a posição da janela, no horário 12:00h para céu encoberto/inverno e verão.

Os resultados, tanto para a condição de inverno quanto de verão para a cor branca (melhor situação), indicam que a janela sendo posicionada no canto da sala reduz a iluminância interna (Eint) do ambiente, enquanto que a janela posicionada no centro da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 17%), tem como consequência o aumento na iluminância interna, um ganho de 12,1% no inverno e de 32,7% no verão.

Analisando estes resultados (Figuras 2a e 2b) observa-se que embora a cor seja um dos elementos ambientais que mais provocam sensações e promovem bem estar emocional e físico (FONSECA, 2004, FONSECA *et al.* 2006), a refletância das cores exerce pouca influência na iluminância interna do ambiente. Sendo o posicionamento da janela o fator que realmente interfere para o aproveitamento da luz natural, pois proporciona um aumento mais significativo na iluminância interna do local.

Segundo os dados apresentados na Figura 2a e 2b, observa-se que para uma abertura de janela WWR 17%, em um dia de céu encoberto tanto para o inverno quanto para o verão, é necessária a utilização de iluminação artificial para que se cumpra à norma NB-57 (ABNT, 1991), que estabelece uma iluminância mínima de 750 Lux para locais que realizam atividades de escritórios, desenhos e projetos de engenharia mecânica.

### **Comparação entre Janelas WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1,30m X ambiente com uma abertura de 2,60m – inverno/verão)**

As Figuras 2c e 2d mostram o potencial de aproveitamento da iluminação natural comparando-se o ambiente com duas aberturas e com uma única abertura (WWR 34%), no horário 12:00h para céu encoberto/inverno e verão.

Neste caso, os resultados indicam que uma abertura de janela de 2,60 m<sup>2</sup> WWR 34%) ocasiona um maior aumento da iluminância interna (Eint), do que duas aberturas de janelas de 1,30 m<sup>2</sup>, de mesmo WWR 34%, para ambas as condições de inverno e verão.

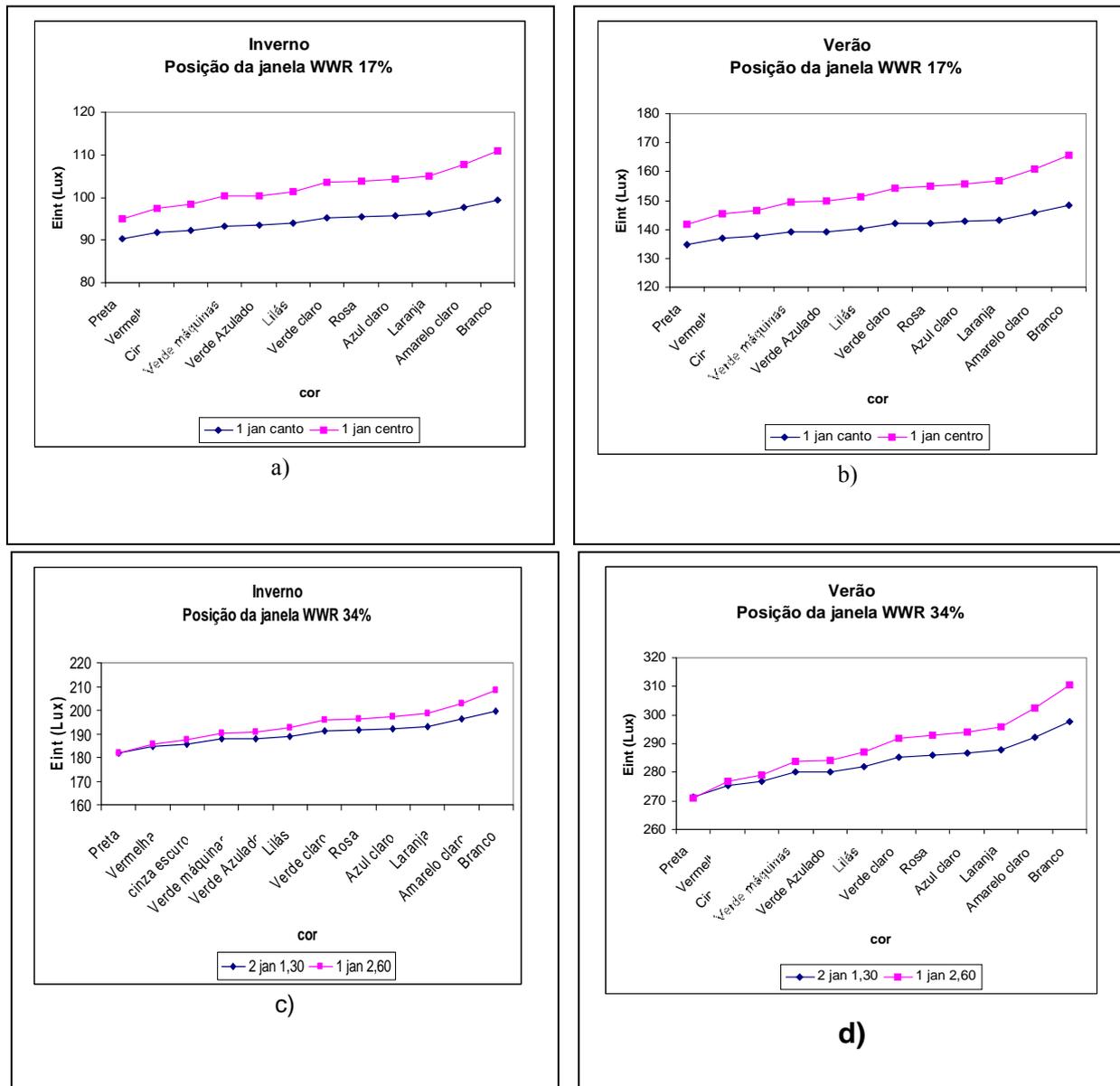


Figura 2 - Comparação entre Janelas com WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente) e entre Janelas com WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1,30m X ambiente com uma abertura de 2,60m): a) Inverno, uma janela no canto e centro WWR 17%, b) Verão, uma janela no canto e centro WWR 17%, c) Inverno, duas janelas e uma janela WWR 34% e d) Verão, duas janelas e uma janela WWR 34%.

Observando a Figura 2c, os resultados indicam que, no ambiente com duas janelas, a cor preta apresenta iluminância interna (Eint) de 182 Lux, em ambas as situações. Aparentemente o baixo valor do coeficiente de refletância da cor preta, neste caso, parece ser quem comanda o resultado final de iluminância interna e não mais a condição das aberturas (duas ou uma de

mesma área). Já a partir da cor vermelha, valor de coeficiente de reflexão mais significativo, consecutivamente acontece um distanciamento do Eint de uma cor para a outra conforme o posicionamento da abertura mostrando a influência do coeficiente de reflexão no processo e condição das aberturas no ambiente. Para estas duas situações de janelas (Figura 2c), o melhor resultado de iluminância interna obtido foi para o ambiente com duas aberturas (WWR 34%) com um ganho de 4,4% na cor branca.

Para o verão essa variação de abertura obteve um ganho de 31,6%. Já para a melhor condição de janela (WWR 34%) centralizada na sala (Figuras 2c e 2d), no melhor resultado de iluminância interna (Eint) no verão para a cor branca (melhor situação) o ganho é de 49,0%.

No entanto é importante salientar que com a cor branca proporciona o melhor resultado quanto à iluminância interna do ambiente, embora possa aumentar o nível de fadiga do indivíduo por fazê-lo focar mais para a monotonia da atividade. Já, a cor vermelha apresenta um índice muito baixo (Figs. 2c e 2d), bem próximo ao preto, quanto à iluminância interna, porém, pesquisadores comprovam que em tarefas de rotina ocorreram menos erros nos escritórios vermelhos do que nos brancos, pois a cor vermelha é mais estimulante para uma atividade monótona, também o ambiente vermelho pode contribuir com um aumento do estímulo aumentando também o desempenho (KWALLEK *et al.*, 1990).

Conclui-se que, segundo as Figuras 2c e 2d, uma abertura centralizada no ambiente é mais proveitosa para a iluminância interna do local do que duas aberturas, ainda que em ambos os casos os tamanhos de aberturas sejam iguais (WWR 34%).

Verificou-se, ainda, que em um dia de céu encoberto tem-se um ganho maior de iluminância interna quando a abertura está posicionada no centro do ambiente do que posicionada no canto do ambiente. Esta tendência melhora ainda mais para a estação de verão. Mas, de qualquer forma, estes resultados confirmam a idéia de Paps *et al.* (1998), de que pequenas aberturas necessitam de iluminação auxiliar (na maioria das vezes, iluminação artificial). E concluem que o conhecimento da quantidade de luz admitida através da edificação pode auxiliar na tomada de decisões e mudanças de projeto. Assim, o conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Nos ambientes com abertura WWR 34%, a cor preta apresenta iluminância interna (Eint) semelhante ao se comparar duas aberturas e uma

abertura centralizada no ambiente os mesmos horários, ocorrendo o mesmo para as estações de inverno e verão. Aparentemente quando é baixo o valor do coeficiente de refletância (cor preta), a condição das aberturas (duas ou uma de mesma área) não interfere no resultado final de iluminância interna do ambiente. Já, a partir da cor vermelha o valor do coeficiente de refletância passa a ser mais significativo, consecutivamente acontece um distanciamento na iluminância interna (Eint) de uma cor para a outra conforme o posicionamento da abertura, mostrando a certa influência do coeficiente de refletância no processo.

Os resultados apresentados acima confirmam que a cor do ambiente exerce muito pouca influência para melhorar a iluminância interna do local em dia de céu encoberto, para todos os horários estudados de inverno e verão, não alcançando o recomendado pela Norma NB-57 (1991) realmente necessitando de reforço da iluminação artificial. No entanto, estudos mostram que o nível de ansiedade, de fadiga e de estresse do indivíduo tem sido alterado pela cor, e que os efeitos das cores interagem com a da atividade executada no local (KWALLEK *et al.*, 1988). Wineman (1986) sugeriu que as cores quentes podem melhorar a observação do indivíduo, aumentando sua percepção do que acontece ao seu redor. Já com as cores frias diminuem a percepção individual, trazendo a pessoa para dentro de si mesma.

Estes resultados novamente vêm comprovar que as cores não proporcionam bons resultados quanto ao aproveitamento da iluminação natural, porém muitos pesquisadores têm defendido a noção de que há uma correlação positiva entre ondas de diferentes níveis. Ondas longas (ex. vermelho, laranja, amarelo) são excitantes, e ondas curtas (ex. azul, índigo, violeta) são relaxantes (PLACK *et al.*, 1974; WINEMAN, 1986; WALTERS *et al.*, 1982; WHITFIELD *et al.*, 1990). Assim, o vermelho tem sido associado ao vigor, tensão, excitação, estimulação e felicidade. Já o azul e verde-azulado tem sido relacionado para o relaxamento, conforto, segurança, paz e calma. Os tons do azul são relacionados a menos aflição, angústia e mais sonolência (LEVY, 1984; PLACK *et al.*, 1974).

### **Abertura WWR 52% – Inverno e Verão**

As Figuras 3a e 3b mostram a diferença de iluminância interna nas varias horas do dia com abertura de janela (WWR 52%) num dia de céu encoberto entre as estações de inverno e verão.

Como já se esperava, a estação de verão proporciona um melhor índice de iluminância interna no ambiente. Embora o aproveitamento da iluminação natural seja necessário para reduzir o consumo de energia com o uso da iluminação artificial (LIMA, 2002), para que se cumpra a Norma NB-57 (1991) que determina 750 Lux como valor mínimo de iluminância interna para as atividades de desenhos e projetos de engenharia mecânica, em dia de céu encoberto se faz necessária a utilização da iluminação artificial, mesmo com a melhor situação de refletância da cor (branco), Fig. 3b. Conforme Ne'eman (1998), a importância da utilização eficiente da luz natural é poder reduzir o consumo de energia elétrica gasta em iluminação em até 50%.

Em nenhuma situação do experimento, a cor do ambiente possibilitou uma real economia de energia, mostrando que tem muito pouca influência na iluminância interna do local. mas pesquisadores sugerem que a cor do ambiente afeta no desempenho, satisfação e na motivação do trabalhador, pois altera o estado físico e psicológico do indivíduo e, dependendo da complexidade da atividade, na atenção em sua realização. Por esta razão, determinar o impacto que ocorre devido às cores variadas de um ambiente no humor, na satisfação, na motivação e no desempenho pode ser útil para um bom projeto de design de um ambiente de trabalho ou estudo (KWALLEK *et al.*, 1988; 1990).

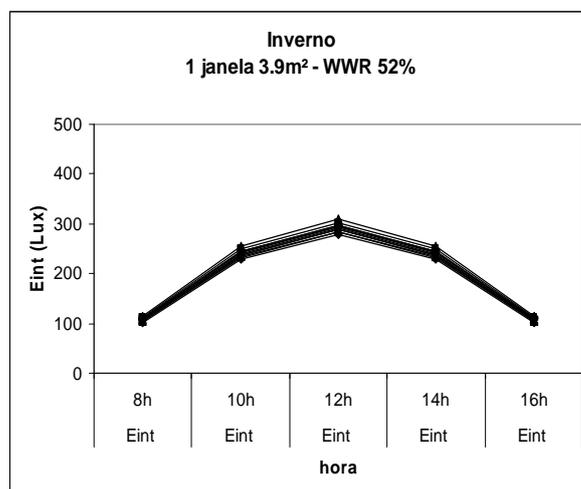


Figura 3 a) inverno

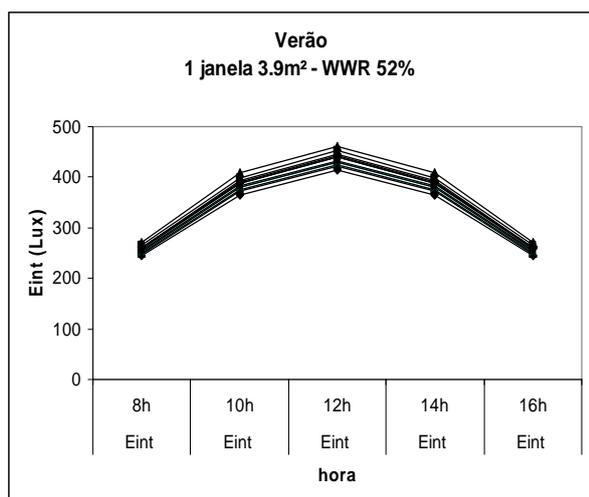


Figura 3b)

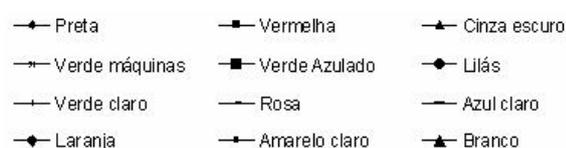


Figura 3 (a e b) – Diferença de iluminância interna nas varias horas do dia com abertura de janela (WWR 52%) num dia de céu encoberto: a) inverno e b) verão.

A Tabela 2 resume as diferenças entre o inverno e verão, as 12:00 horas, para as diversas aberturas WWR 17%, 34% e 52%. A diferença entre a iluminância interna para o inverno e o verão em uma abertura WWR 17% no canto do ambiente é de 35,7%, para a abertura WWR 17% posicionada no centro do ambiente é de 33,3%. Já, para o ambiente com duas aberturas WWR 34% a diferença entre o verão e o inverno é de 30,7% e para a abertura de WWR 34% centralizada no ambiente a diferença é de 33,3%. No caso da janela WWR 52% esta diferença é de 33,3% entre o verão e inverno.

Tabela 2 – Diferença de iluminâncias internas entre inverno e verão para as aberturas WWR 17%, 34% e 52%.

Condição da abertura / Diferença $E_{int}$ (12h)	Inverno (Lux)	Verão (Lux)	Diferença (%)
1 jan canto 1,30 m <sup>2</sup> - WWR 17%	9	14	35,7
1 jan centro 1,30 m <sup>2</sup> - WWR 17%	16	24	33,3
2 jan 1,30 m <sup>2</sup> - WWR 34%	18	26	30,7
1 jan 2,60 m <sup>2</sup> - WWR 34%	26	39	33,3
1 jan 3,90 m <sup>2</sup> - WWR 52%	32	48	33,3

É importante salientar que a cor branca proporciona o melhor resultado quanto a iluminância interna do ambiente, embora pesquisadores sustentem que

o branco possa aumentar o nível de fadiga do indivíduo por fazê-lo focar mais para a monotonia da atividade. Já para a cor vermelha, embora apresente um índice muito baixo de iluminância interno do local, sendo bem próximo ao da cor preta pesquisadores sugerem que em tarefas de rotina de escritórios, os trabalhadores apresentaram menos erros nos ambientes vermelhos do que nos brancos (PLACK *et al.*, 1974; WINEMAN,1979; WALTERS *et al.*, 1982; ROSENSTEIN,1985; PROFUSECK *et al.*,1987; KWALLEK *et al.*, 1988,1990; WHITFIELD *et al.*, 1990).

Vários pesquisadores apontam para as cores como sendo um dos fatores responsáveis pelo conforto do ambiente de trabalho, causando alteração do comportamento do indivíduo, influenciando os níveis de humor, fadiga, estresse, ansiedade e aumento da pressão sanguínea entre outros. Wineman (1986) sugeriu que as cores quentes podem melhorar a observação do indivíduo, aumentando sua percepção do que acontece ao seu redor. Rosenstein (1985) observou que indivíduos em salas vermelhas apresentam bom humor quando comparados a indivíduos em salas amarelas ou cores neutras, pessoas que trabalhavam em uma sala azul se sentiam calmos ou com bom humor. Profuseck *et al.* (1987), comprovaram em seus experimentos que o estado de ansiedade foi significativamente maior para indivíduos numa sala vermelha comparado com indivíduos que estavam numa sala rosa, já, Kwallek *et al.* (1988,1990) constataram um maior nível de depressão observado para aqueles indivíduos que trabalhavam em um escritório azul ou verde, e que as cores frias diminuem a percepção da pessoa, trazendo a pessoa para dentro de si mesma, ainda concluíram que indivíduos que trabalharam em um ambiente vermelho mostraram maior atenção no trabalho.

É necessária à utilização de iluminação artificial para locais que realizam atividades de escritórios, desenhos e projetos de engenharia mecânica, para que se cumpra à norma NB-57 (ABNT, 1991), que estabelece uma iluminância mínima de 750 Lux para estes locais de trabalho. Conforme a literatura, a energia não é economizada pelo uso da luz natural; a energia é economizada pela redução ou por desligar luzes elétricas que não se tornarem necessárias pelo uso da luz natural. A luz natural freqüentemente reduz a energia requerida para o ar condicionado mesmo porque a parcela de aquecimento do ambiente pelas lâmpadas é reduzida. As aberturas para a luz natural devem conter formas e materiais apropriados para isolar o excessivo de aquecimento solar, ou seja, reduzir o ganho de aquecimento solar interno (LESLIE, 2003; PEREIRA, 1995).

## CONCLUSÕES

Neste estudo constatou-se que, embora a cor seja um dos elementos ambientais que promovem bem estar emocional e físico do trabalhador, é um elemento de pouca influência para o aproveitamento da iluminação natural em dia de céu encoberto. Sendo que as variáveis que realmente conduzem a um melhor resultado quanto ao aproveitamento da iluminação natural são o tamanho e posição da abertura no ambiente. Estes resultados estão de acordo com a literatura, pois, segundo Papst *et al.*, (1998), uma abertura de grandes dimensões pode causar boa entrada de luz, dependendo da orientação, da região e da época do ano. O conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Para uma abertura pequena (WWR17%), o melhor resultado obtido foi quando esta abertura foi posicionada no centro do ambiente do que quando posicionada no canto do ambiente, indicando que o posicionamento da abertura é fator de importância para o melhoramento da iluminação com o aproveitamento da luz natural. Estes resultados também correspondem aos resultados encontrados na literatura, onde confirmam que pequenas aberturas necessitam de iluminação auxiliar (na maioria das vezes, iluminação artificial). Assim sendo, o conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Quando se comparou a utilização de duas aberturas ou uma única abertura do mesmo tamanho (WWR 34%), em dia de céu encoberto, tanto para o inverno quanto verão, os resultados mostraram que uma abertura de janela de 2,60 m<sup>2</sup> é mais eficaz para o aumento da iluminância interna (Eint), do que duas aberturas de 1,30 m<sup>2</sup> cada.

Os valores de iluminância interna na cor de tinta branca, obtiveram os melhores índices, ainda que os resultados apontem para a cor como elemento de pouca interferência quanto ao ganho de iluminância interna do ambiente, mas esta não alcança os valores mínimos de iluminância recomendados pela Norma NB-57 (ABNT, 1991) de 750 Lux, a qual estabelece os valores de iluminância de interiores para ambientes utilizados em atividades de indústria, comércio, ensino e outras.

A contribuição deste estudo é demonstrar que em qualquer horário para dias de céu encoberto, tanto para o inverno quanto para o verão, nas situações de abertura WWR 17%, WWR 34%, WWR 52% a cor das paredes não propicia aproveitamento necessário para que se empregue somente a iluminação natural. Estes resultados vão de encontro com Leder *et al.* (1999) e Cabús (1997) que afirmam que um ambiente com janelas de dimensões adequadas e superfícies interiores claras, de alta refletância, resultarão em uma combinação mais adequada de luz refletida, possibilitando uma maior economia de energia (LEDER *et al.*, 1999; CABÚS, 1997).

Este estudo comprova que um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. O conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia em projetos luminotécnicos.

## **Currículo**

### **Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, Dr. Eng**

Designer, Mestre em Engenharia de Produto-UFSC e Doutorado em Engenharia de Produção-UFSC. De 1988 a 2000 – Professora do CEFET- Pr - Departamento de Desenho Industrial. A partir de 2000 é Professora Adjunto da Universidade Federal do Paraná, ministras as disciplinas de Projeto de Produto e Ergonomia para o Curso de Engenharia Mecânica e Fundamentos da Ergonomia nos sistemas de Produção no Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFPR. E a partir de 2005 é professora do curso de pós-graduação em DESIGN da UFPR.. Coordenadora do PPGDESIGN gestão 2007-2009- Coordenadora do grupo de pesquisa em Ergonomia da UFPR, certificado pelo CNPq. Email <[lucia.demec@ufpr.br](mailto:lucia.demec@ufpr.br)>

### **Eduardo Leite Krüger**

Mestrado em Planejamento Energético - COPPE/UFRJ (1993), doutorado em Arquitetura pela Universität Hannover, Alemanha (1998) e pós-doutorado na Ben-Gurion University of the Negev, Israel (2006). Professor Adjunto de Nivel Superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil (UTFPR), professor pesquisador e coordenador da Linha de Pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (UTFPR), consultor ad hoc da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, consultor da Fundação de Apoio a Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina, consultor do CNPq e da CAPES.

## **Sandra Regina Marchi**

Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade do Paraná, Curitiba. Licenciada em Artes Plásticas pela UDESC, Prêmio Artista Plástica do ano de 1995 do sul do Brasil, Designer de Interiores (de 2000 a 2002), membro do grupo de pesquisa em Ergonomia da UFPR desde 2002.

## **Referências Bibliográficas**

ABNT. NB 57 - **Iluminância de interiores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1991.

BOYCE, P.; HUNTER, HOWLETT, C. O. **The Benefits of Daylight Through Windows**. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, USA, 2004. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylightdividends/pdf/DaylightBenefit.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2005.

CABÚS, R. **Análise do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Luminâncias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 1997.

CASTRO, A. P. A. S.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; BASSO, A.; FERNANDES, M. R. **Medidas de Refletância de Cores de Tintas Através de Análise Espectral**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, RG, 2003. V. 3, n. 2, p. 69-76.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. **Protocolo de Mediciones de Iluminación Natural en Recintos Urbanos**. ASADES - Avances em Energías Renovables y Médio Ambiente, vol. 9, Argentina, 2005.

CROUCH, A.; NIMRAN, U. **Perceived Facilitators And Inhibitions Of Work Performance In An Office Environment**. Environment and Behavior, 21, 1989. 206-226 p.

FONSECA, J. F. **A Contribuição da Ergonomia Ambiental na Composição Cromática dos Ambientes Construídos de Locais de Trabalho**. Rio de

Janeiro, Dissertação de Mestrado - Departamento de Artes de Design da PUC-Rio, 2004. 78 p.

FONSECA, J. F.; MONT'ALVÃO C. **Cor nos Locais de Trabalho: como aplicá-la de forma adequada às necessidades dos usuários e às exigências da tarefa?** Leui-Laboratório de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces em Sistemas Humano-Tecnologia Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RJ. Curitiba, PR, Abergó 2006.

GHISI, E. **Desenvolvimento de Uma Metodologia Para Retrofit Em Sistemas de Iluminação: Estudo de Caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

HEERWAGEN, J. **Green Buildings, Organizational Success And Occupant Productivity.** Building Research and Information 28 (5–6), 2000. 353–367 p.

HEERWAGEN, J.; **Do Green Buildings Enhance the Well Being of Workers? Environmental Design and Construction**, 2001. Disponível em: <http://www.edcmag.com/CDA/ArticleInformation/coverstory/BNPCoverStoryItem/0,4118,19794,00.html>, Acessado em: 5 fev. 2004.

HYGGE, S.; LOFTBERG, H. A. **Post occupancy evaluation of daylight in buildings**, A report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, International Energy Agency, 1999.

KAPLAN, S. **A Model Of Person- Environment Compatibility.** Environment and Behavior, 15, 1983. 311-332 p.

KWALLEK, N.; LEWIS, C. M. & ROBBINS, A. S. **Effects of Office Interior Color on Workers' Mood and Productivity.** Perceptual and Motor Skills, 66, 1988. 123-128 p.

KWALLEK, N.; LEWIS, C. M. **Effects of Environment Colour on Males and Females: A Red or White or Green Office.** Applied Economics, 21, 1990. 275-278 p.

LAMBERTS, R.; GHISI, E. **Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Através de Estudo de Retrofit no Sistema de Iluminação da UFSC.** ENCAC 97 - IV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Salvador, 1997.

LEDER, S.; PEREIRA, F. O. R. **Elementos de Controle da Luz Solar Direta: Análise do Desempenho em Aberturas Zenitais.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 5.; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2., 1999, Fortaleza, CE, 8p.

LESLIE R. P. **Capturing the Daylight Dividend in Buildings: Why and How?** Building and Environment 38, 2003. 381–385 p.

LEVY, B. I. **Research into the Psychological Meaning of Color.** American Journal of Art Therapy, 23, 58-62, 1984.

LIMA, T. B. S. **A Simulação Computacional Auxiliando no Aproveitamento da Luz Natural e na Economia de Energia.** NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, 2002.

MAHNKE, F. H. **Color, Environment & Human Response,** Van Nostrand Reinhold, NY, 1996. 19-23, 23-29 p.

MARCHI, S. R. **Análise da Influência da Cor no Potencial de Aproveitamento da Luz Natural no Ambiente Construído.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Paraná, Curitiba.

MENZIES; G. F.; WHERRETT, J. R. **Windows in the Workplace: Examining Issues of Environmental Sustainability and Occupant Comfort in the Selection of Multi-Glazed Windows.** Energy and Buildings 37, 2005. 623-630 p.

NE'EMAN, E. **Daylight Availability Database for Energy Efficient Integration with Electric Light.** Journal of the Illuminating Engineering Society. v.27, n.2, 1998.59- 66p.

PAPST, A. L.; PEREIRA, F. R.; LAMBERTS, R. **Uso de Simulação Computacional para Análise de Iluminação Natural**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 1998, 7p.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação Natural no Ambiente Construído**. Gramado, RS. Curso de Iluminação Natural no Ambiente Construído. III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. ANTAC, 1995.

PILLOTTO, N. E. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia, 1980. 119 p.

PLACK, J. J.; SHICK, J. **The Effects Of Color On Human Behavior**. Journal of the Association for the Study of Perception, 9, 1974. 4-16 p.

PROFUSEK, P. J.; RAINEY, D. W. **Effects of Baker-Miller Pink and Red on State Anxiety, Grip Strength, and Motor Precision**. Perceptual and Motor Skill, 65, 1987. 941-942 p.

PROGRAMA ADOBE PHOTOSHOP 7.01 – Guia do usuário - no próprio programa, 1997.

REA, M. S.; Editor. **IESNA Lighting Handbook: Reference & Application**, 9th ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

RORIZ, M. **Software Luz do Sol: Radiação Solar E Iluminação Natural**. Versão 1.1. São Carlos/ SP, 1995. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/software/luzDoSol.html>> Acesso em: 12 agos. 2006.

ROSENSTEIN, L. D. **Effect of Color on the Environment on Task Performance and Mood of Males and Females With High or Low Scores on the Scholastic Aptitude Test**. Perceptual and Motor Skills, 60, 1985. 550 p.

SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C. **Projeto Ergonômico de Salas de Controle**. Fundación Mapfre. São Paulo, SP, Sucursal Brasil, 1992. 91 p.

SCARAZZATO, P. S. **Software para Cálculo de Disponibilidade de Luz Natural - DLN**. Versão 2.06. FAUUSP. São Paulo / SP, 1995. Disponível em: <[http://www.usp.br/fau/pesquisa\\_sn/laboratórios/labaut/conforto.html](http://www.usp.br/fau/pesquisa_sn/laboratórios/labaut/conforto.html)> Acesso em: 30 out. 2005.

SEKHAR, S. C.; TOON, K. L. C. **On The Study of Energy Performance and Life Cycle Cost of Smart Window**. Energy and Buildings 28,1998. 307-316 p.

STONE, N. J.; ENGLISH, A. **Task Type, Posters And Workspace On Mood, Satisfaction, Performance**. Journal of Environment Psychology,18, 1998.175-185p.

STONE, N. J. **Designing Effective Study Environments**. Journal of Environment Psychology, 21, 2001. 179-190 p.

STONE, N. J. **Environmental View And Color For A Simulated Telemarketing Task**. Journal of Environmental Psychology 23, 2003. 63-78 p.

TABET-AOUL, K. **The Impact of Access to Windows on Visual Comfort, a Cross-Cultural Comparison**. University of Science and Technology, Oran, Algeria, 2004. Disponível em: <http://www.caed.asu.edu/msenergy/Neeraj/Tabet.pdf> Acesso em: 16 de agos. 2006.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001. 34-114 p.

VINE, E.; LEE, E.; CLEAR, R.; DIBARTOLOMEO, D.L.; SELKOWITZ, S. E. **Office Worker Response To An Automated Venetian Blind And Electric Lighting System: A Pilot Study**. Energy and Buildings 28, 1998. 205-218 p.

WALTERS, J., APTER, M. J.; SVEBAK, S. **Color Preference, Arousal, And The Theory Of Psychological Reversals**. Motivation and Emotion, 6, 1982. 193-215 p.

WHITFIELD, T. W. A.; WILTSHIRE, T. J. **Color Psychology: A Critical Review**. Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 116, 1990. 387-411 p.

WINEMAN, J. D. **Color In Environment Design: Its Impact On Human Behavior**. Environment Design Research Associaton, 10, 436-439, 1986.