



INFLUÊNCIA DE PRATELEIRA DE LUZ SOB MARQUISE NA UNIFORMIDADE DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM INTERIORES

Iuri Ávila L. de Araújo (1); Miquelina R. Castro Cavalcante (2); Ricardo Cabús (3)

(1) Bolsista CAPES, Mestrando em Dinâmicas do Espaço Habitado. iuriav@ig.com.br

(2) Bolsista FAPEAL, Mestranda em Dinâmicas do Espaço Habitado. miquelinac@yahoo.com.br

(3) Prof. UFAL, Eng. Civil, Dr. em Arquitetura. r.cabus@gmail.com

Universidade Federal de Alagoas, CTEC/GRILU, Campus A C Simões, Cidade Universitária, Maceió-AL, CEP 57072-970, Fone: 82-3214 1311.

RESUMO

A iluminação lateral tem a característica de distribuir a luz do dia de forma desigual no plano de trabalho. Isto pode ser indesejado em ambientes como salas de aulas ou escritórios. O uso de prateleiras de luz pode minimizar estes efeitos, melhorando a uniformidade. No trópico úmido, as chuvas frequentes geram a necessidade de se proteger fachadas e aberturas através de beirais e marquises. Esses elementos podem influenciar o desempenho das prateleiras de luz. O presente trabalho tem por objetivo analisar esta influência. A análise foi feita através de simulações computacionais com o programa TropLux, analisando a interação da prateleira de luz com três componentes diferentes da iluminação natural. Foram comparadas janelas simples e com prateleira de luz, ambas sob marquise. Os resultados indicam que a prateleira de luz pode melhorar a uniformidade da iluminação natural, mesmo sob marquise.

ABSTRACT

One of the sidelighting characteristics is the lack of uniformity in horizontal plane. It might be undesirable in spaces such offices or classrooms. Light shelves are able to minimise these effects. In the humid tropics, due to frequent rains, façades should be protected, generally with overhangs. These elements can change the daylighting effect of the light shelf. This work aims to analyse that influence. Therefore a computer simulation with TropLux is done to assess illuminance split in three different components, for plane window and light shelf system, both under overhang. Results show that light shelf can improve daylighting uniformity, even under overhang.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural interior provida por abertura lateral tem como característica uma distribuição de luz não uniforme, podendo apresentar diferença significativa entre as iluminâncias dos pontos mais próximos e dos mais afastados da janela.

Estas diferenças entre iluminâncias geram dificuldades para se manter níveis confortáveis em todo espaço do ambiente e podem provocar desconforto visual através do ofuscamento causado por contrastes excessivos (MAJOROS, 1998).

Entre os dispositivos de sombreamento que podem atenuar estes efeitos, a prateleira de luz é considerada uma boa solução, pois proporciona sombreamento à janela e melhora a uniformidade da iluminação, obstruindo a luz provinda do céu nos pontos mais próximos da janela e refletindo para os pontos mais afastados (MAJOROS, 1998).

No trópico úmido, as chuvas frequentes geram a necessidade de se proteger as fachadas e as aberturas através de beirais e marquises, esta proteção interfere no desempenho da prateleira de luz. No entanto, a luz natural no interior das edificações provém de três fontes: o sol, o céu e o entorno, incidindo de forma direta e refletida. Para entender como a prateleira de luz sob marquise interage com a luminância destas diferentes fontes, é necessário analisá-las separadamente.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho é um estudo comparativo que analisa a influência do elemento prateleira de luz na iluminação natural de interiores, quando sob marquise, a fim de auxiliar os projetistas do trópico úmido com diretrizes de projeto. Como objetivo específico, pretende investigar como a prateleira de luz interage com a luminosidade do céu e do solo, de modo direto e refletido, quando situada sob marquises.

3. METODOLOGIA

Para avaliar a interação da prateleira de luz sob marquise com a luminância de diferentes fontes foi feito um estudo comparativo através de simulações computacionais.

O programa Troplux (CABÚS, 2005), que utiliza a técnica do raio traçado (ROGER, 1985; WALLACE, COHEN e GREENBERG, 1987; GLASSNER, 1989; WATT, 2000) com o Método Monte Carlo (TREGENZA, 1983; STANGER, 1984; KALOS e WHITLOCK, 1986; HAJI-SHEIKH, 1988) e coeficientes de luz natural (TREGENZA, WATERS, 1983; LITTLEFAIR, 1992), permite calcular a iluminância num ponto em função da trajetória da luz entre a fonte e o alvo, separando as contribuições do sol e do céu em até 12 componentes (CABÚS, 2004).

Na presente investigação serão analisadas três componentes da iluminação natural interna: Componente 1 – luz do céu que incide diretamente no ponto em estudo; Componente 2 – luz do céu que incide no ponto considerado, refletida pelas superfícies da edificação e a Componente 3 – luz do céu refletida pelo solo para os planos da edificação, como mostrado na Figura 1.

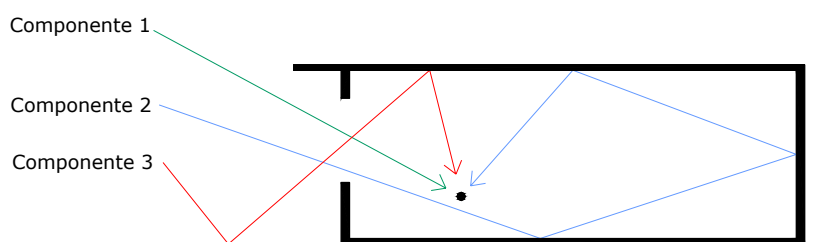


Figura 1 – Componentes da iluminação interna analisadas.

Fazendo um paralelo entre as três componentes analisadas neste trabalho e as três componentes do FLD – Fator de Luz Diurna (HOPKINSON, 1966), podemos dizer que a Componente 1 corresponde a Componente de Céu definida por Hopkinson, enquanto as componentes 2 e 3, estariam contidas na Componente Refletida Interna definida pelo mesmo autor.

O programa também permite a configuração da distribuição de luminâncias do céu e a utilização de céus padronizados pela CIE e IES (CIE, 2002; IES, 1993). Porém, devido ao escopo desta pesquisa, optou-se por não analisar a influência do tipo de céu e foi adotado o céu padrão CIE 5, encoberto e uniforme (CIE, 2002), que desconsidera a luz solar e variações na distribuição de luminância no céu.

3.1 Sala de referência

A sala de referência está localizada em Maceió-AL (Latitude 9°40'S, Longitude 35°42'O) e possui uma janela, orientada para o sul. As análises são baseadas no solstício de verão, 22 de dezembro, ao meio-dia solar.

A sala tem dimensões 6,00 m x 8,00 m e 3,00 m de pé-direito. As superfícies da edificação têm refletividade 0,7 e o piso tem refletividade 0,4. A janela possui envidraçamento simples e mede 6,00 m x 1,50 m, tendo um peitoril a 1,00 m de altura do piso. As paredes têm 0,15 m de espessura. A fachada onde se encontra a janela possui uma marquise de 1,00 m de largura, 6,00m de comprimento e encontra-se a 3,00 m de altura do terreno, como mostrado na Figura 2. O entorno é composto apenas pelo solo, que tem refletividade 0,2. Todas as superfícies foram consideradas perfeitamente difusas, com exceção do vidro, considerado plenamente especular.

Foi simulada a iluminação em um plano de trabalho a 0,75 m de altura do piso, com referência a três pontos equidistantes – A, B e C – dispostos ao longo de um eixo longitudinal no centro da sala e a uma distância de 2,0 m, 4,0 m e 6,0 m da janela respectivamente, como aparecem na Figura 2.

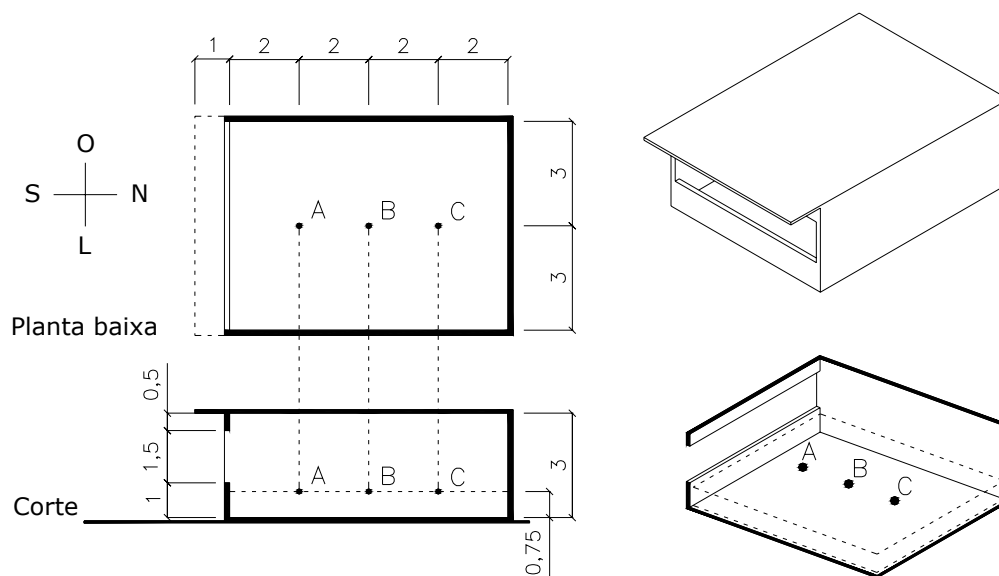


Figura 2 – Sala de referência, plano de trabalho e pontos analisados.

As simulações na sala de referência foram realizadas para janela sem proteção e com uma prateleira de luz posicionada externamente, com 0,50 m de largura, 0,07 m de espessura, a 1,00 m do peitoril da janela e cuja refletividade das superfícies é de 0,7. As mesmas foram consideradas perfeitamente difusas.

3.2 Uniformidade da Iluminação

A uniformidade da distribuição de iluminâncias no interior da sala de referência foi avaliada através do coeficiente de variação (*c.v.*) (CABÚS, 1997). Esta uniformidade será tão melhor, quanto menor for o coeficiente de variação. Inicialmente, calcula-se a Iluminância Média (E_m) e o desvio padrão (s) das iluminâncias nos pontos A, B e C. Posteriormente, calcula-se o coeficiente de variação (*c.v.*), para janela simples e com prateleira de luz. Isso é feito através da Equação 1.

$$c.v. = \frac{s}{E_m} \times 100\% \quad [\text{Eq. 1}]$$

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados foram analisados procurando observar a contribuição de cada uma das três componentes descritas na seção anterior (ver Figura 1), para as duas tipologias de abertura propostas: com e sem prateleira de luz, ambas sob marquise.

A componente 1 depende do ângulo de céu visível a partir do ponto considerado. A Figura 4 mostra que, em relação a essa componente, a prateleira de luz constitui uma obstrução, reduzindo a iluminância de forma diferente para os pontos A, B e C. Ainda nesta figura, observa-se que os pontos mais próximos à janela têm uma redução na iluminância maior que os mais afastados.

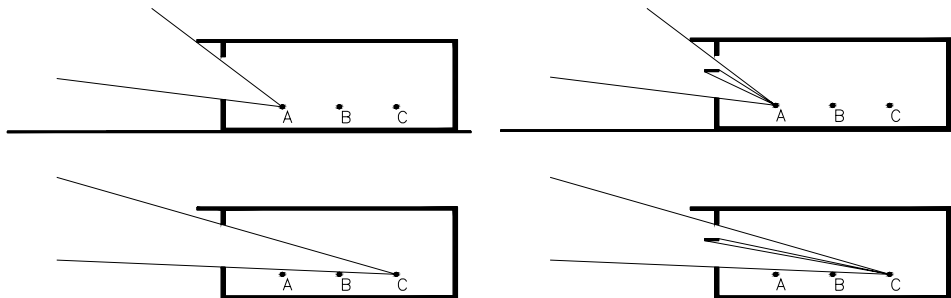


Figura 4 - Comparando o desempenho da sala de referência diante da componente 1 nos pontos A e C, para janela simples e com prateleira de luz.

A componente 2 depende de quanta luz natural incide sobre as superfícies internas. Isto, por sua vez, depende da porção de céu visível a partir da janela. Como mostrado pela Figura 5, observa-se que a marquise obstrui parte da luz da abóbada celeste próxima à região zenital que alcançaria a prateleira de luz.

Em relação a esta componente, a prateleira de luz obstrui parte da luz que incidiria no interior da sala, porém, ela também reflete luz para o plano do teto. A porção do teto mais próxima da janela é mais iluminada pela prateleira de luz.

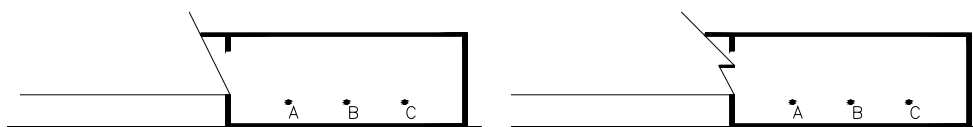


Figura 5 – Comparando o desempenho da sala de referência diante do componente 2, para janela simples e com prateleira de luz.

A componente 3 é função da luz do céu refletida pelo solo para as superfícies internas da edificação. A faixa do solo entre os pontos x e y, mostrada na Figura 6, é a que mais influencia a iluminação natural interna (CABÚS, 2004). Esta componente é bastante influenciada pelas refletividades do solo e do teto.

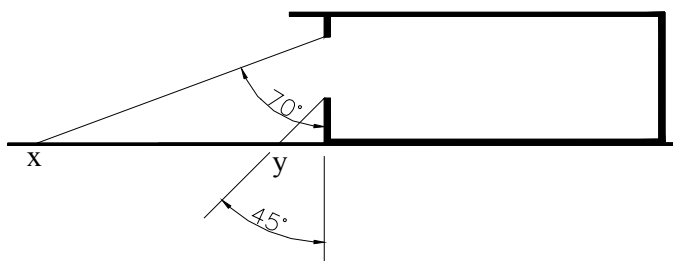


Figura 6 – Faixa de solo com maior influência na iluminação natural interna. (Adaptado de CABÚS, 2004).

A face inferior da marquise reflete luz do solo para o interior. A prateleira de luz também reflete luz do solo para os pontos A, B e C, sendo assim, a refletividade da face inferior da prateleira de luz é importante no tocante à Componente 3.

A Figura 7 permite análise comparativa dos níveis de iluminância nos três pontos do plano de trabalho, para os dois modelos de janela, possibilitando a comparação ponto a ponto. Estes níveis de iluminância representam a soma das contribuições das três componentes analisadas. O valor do coeficiente de variação de cada modelo de janela indica em qual deles os níveis de iluminância nos pontos A, B e C mais variou. Percebe-se que a prateleira de luz sob marquise reduziu os níveis de iluminação nos pontos A e B e aumentou a iluminância no ponto C, melhorando a uniformidade da distribuição na sala.

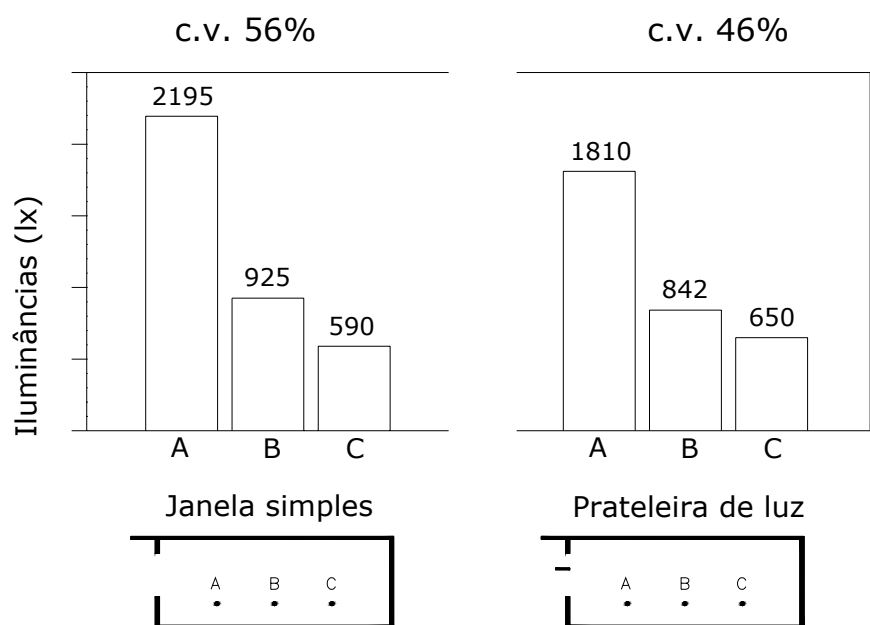


Figura 7 – Comparando os níveis de iluminação nos pontos A, B e C para janela simples e janela com prateleira de luz.

A análise dos resultados com base nas 3 componentes consideradas demonstra que cada uma delas tem uma contribuição diferenciada na iluminância dos pontos A, B e C, como mostrado na Figura 8.

Percebe-se que quando usada a prateleira de luz, a contribuição percentual da componente 2 no ponto A aumenta consideravelmente.

No ponto C, o uso da prateleira de luz aumentou a contribuição percentual da componente 3 e diminuiu a da componente 2.

Para entender como a prateleira de luz sob marquise combinou a contribuição das três componentes para aumentar a uniformidade da iluminação, é necessário analisar cada componente isoladamente, como mostrado na Figura 10. Nessa figura compara-se o coeficiente de variação da iluminância nos pontos A, B e C, por modelo de janela e por componente da iluminação.

Observa-se, na Figura 10, que no ambiente onde existe janela com prateleira de luz ocorre um aumento na distribuição de iluminâncias quanto às componentes 1 e 3, mas esta distribuição é diminuída em relação à componente 2.

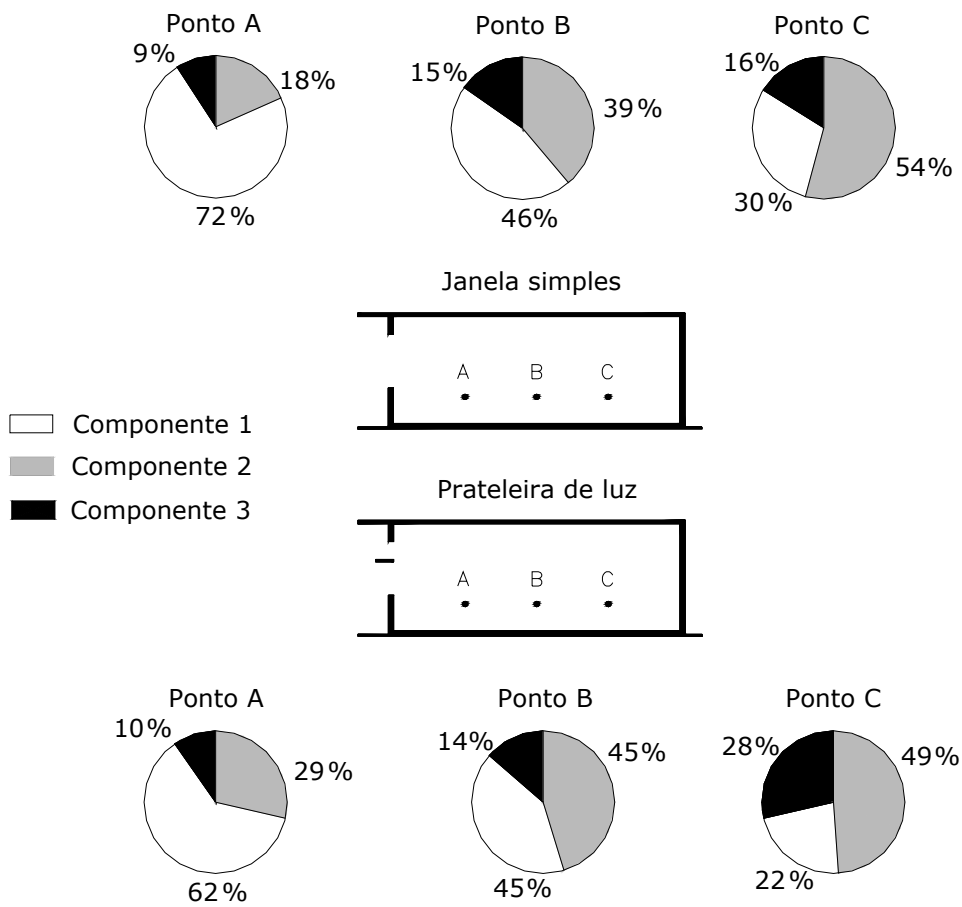


Figura 8 – Contribuição percentual de cada uma das três componentes na iluminância dos pontos A, B e C, para janela simples e com prateleira de luz.

Como mostrada na figura 9, isto ocorre porque a prateleira de luz reduz a iluminância na porção do teto entre os pontos z e w. Por estar mais próximo desta área, o ponto A sofre uma redução maior na sua iluminância.

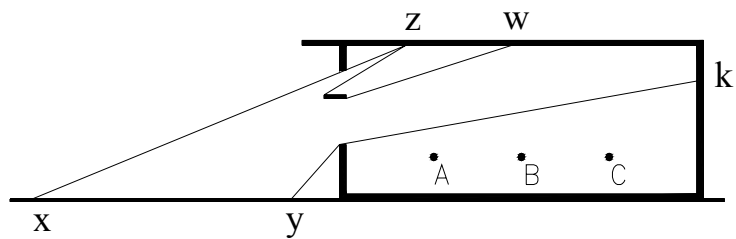


Figura 9 – Influência da prateleira de luz na componente 3.

	coeficiente de variação (%)	
	Janela simples	Prateleira de luz
Componente 1	84	78
Componente 2	10	23
Componente 3	30	20

	Uniformidade da Iluminação	
	Janela simples	Prateleira de luz
Componente 1	-	+
Componente 2	+	-
Componente 3	-	+

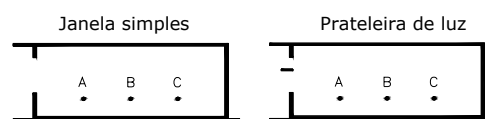
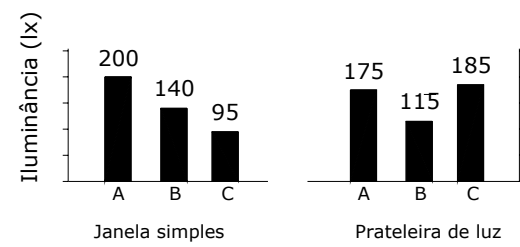
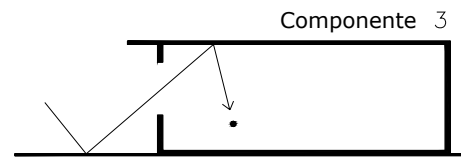
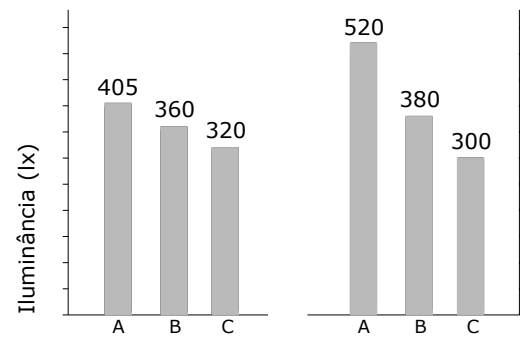
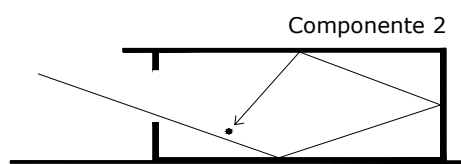
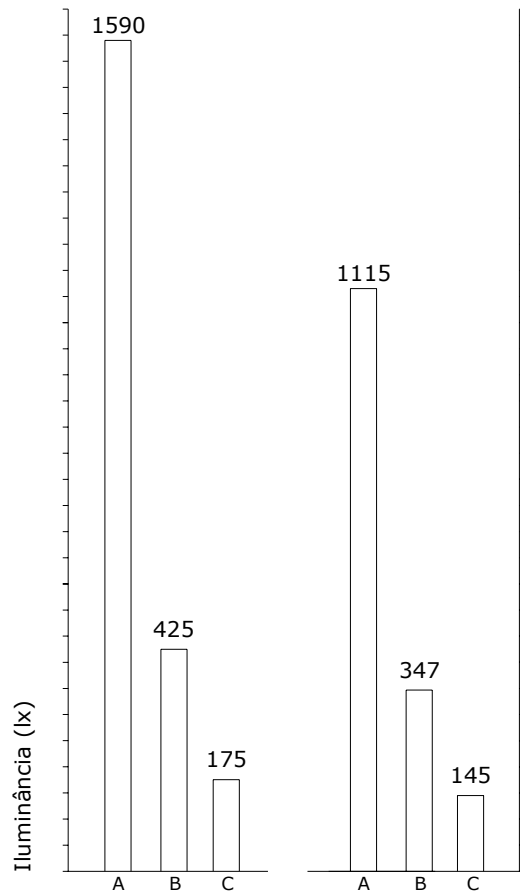
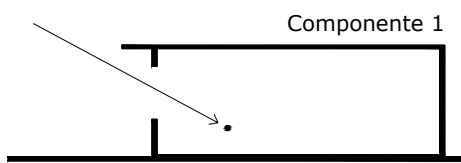


Figura 10- Comparando isoladamente a contribuição de cada uma das três componentes, para janela simples e com prateleira de luz.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas simulações mostram que, em relação à janela simples, a prateleira de luz sob marquise reduziu os níveis de iluminação nos pontos mais próximos da janela e aumentou a iluminância no ponto mais afastado, melhorando a uniformidade da distribuição na sala.

A janela com prateleira de luz sob marquise melhora a distribuição de iluminâncias quanto as componentes 1 e 3, mas piora esta distribuição em relação à componente 2, pois ela reflete mais luz para a porção do teto mais próxima da janela.

O efeito da prateleira de luz sob marquise quanto a componente 1 independe das características das superfícies da mesma, sendo influenciado apenas pelas suas dimensões. No entanto, as componentes 2 e 3 podem ser bastante influenciadas pela refletividade da prateleira de luz, do teto e do solo.

Os resultados sugerem que a luz refletida pelo solo, quando utilizada a prateleira de luz sob marquise, tem um papel mais importante para a uniformidade da iluminação do que aquela refletida pela prateleira de luz para o teto. Assim sendo, se a prateleira de luz tiver a refletividade de sua face inferior maior que a da sua face superior, os seus efeitos sobre a uniformidade da iluminação interna deverão ser ampliados.

Considerando a redução da refletividade da face superior da prateleira de luz ao longo do tempo, provocada pelo acúmulo de sujeira, a refletividade da face inferior e seu desempenho tende a se conservar por mais tempo, uma vez que o acúmulo de sujeira nesta face deve ser menor.

Os resultados também sugerem que aumentando a refletividade do solo e do teto, quando utilizada a prateleira de luz sob marquise, seja possível otimizar os efeitos da mesma sobre a uniformização da iluminação interna.

Novos trabalhos devem proceder a uma análise semelhante para diferentes tipos de céu, orientações da janela, horários do dia, épocas do ano, geometrias, pontos de estudo e refletividades das superfícies.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABÚS, Ricardo (1997) *Análise do Desempenho Luminoso de Sistema de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Iluminâncias*. Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CABÚS, Ricardo (2004) *Influência da Luz Refletida no Solo na Iluminação Natural nos Trópicos: Comparando o desempenho de protetores solares*. I Encontro Latino Americano e X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. São Paulo: ENTAC.
- CABÚS, Ricardo (2005) *Troplux – Manual do Usuário*. Maceió: Grilu.
- CIE - Commission Internationale de l'Eclairage (2002). *Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky*. CIE. Wien, p.7. (CIE DS 011.2/E:2002)
- GLASSNER, Andrew S. (1989). *An introduction to ray tracing*. London: Academic Press, 327 p.
- HAJI-SHEIKH, A. (1988). *Monte Carlo methods*. In: Minkowycz, W. J., et al (Ed.). *Handbook of numerical heat transfer*. New York: John Wiley & Sons. Monte Carlo methods, p.673-722
- HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P., LONGMORE, J. (1966). *Daylighting*. Londres: Heinemann.
- IES – Illuminating Engineering Society (1993) Ed. *Lighting Handbook*. IES, 8th ed.
- KALOS, Malvin H.; WHITLOCK, Paula A. (1986). *Monte Carlo methods*. v.1. 186 p.
- LITTLEFAIR, Paul J. (1992). *Daylight coefficients for practical computation of internal illuminances*. *Lighting Research and Technology*, v.24, n.3, p.127-135.
- MAJOROS, András (1998). *Daylighting*. Série Design tools and techniques. PLEA Notes, nº 4, Ed. Universidade de Queensland, Austrália.

ROGERS, David F. (1985). *Procedural elements for computer graphics*. New York: McGraw-Hill. 433 p. (Computer Science Serie)

STANGER, Dan (1984). *Monte Carlo procedures in lighting design*. Journal of the Illuminating Engineering Society, v.13, n.4, p.368-371.

TREGENZA, Peter; WATERS, I. M. (1983). *Daylight coefficients*. Lighting Research & Technology, v.15, n.2, p.65-71.

TREGENZA, Peter (1983). *The Monte Carlo method in lighting calculations*. Lighting Research & Technology, v.15, n.4, p.163-170.

WALLACE, John R. et al (1987). *A two-pass solution to the rendering equation: A synthesis of ray tracing and radiosity methods*. Computer Graphics, v.21, n.4, p.311-320.

WATT, Alan. (2000) *3D computer graphics*. Harlow: Addison-Wesley. 570 p.