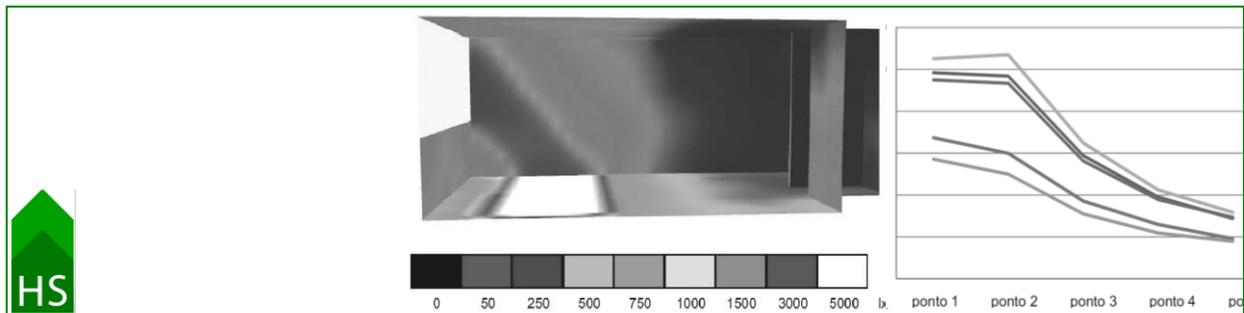


Análise da utilização de prateleiras de luz em Vitória-ES (Brasil)

Analysis of the use of lightshelves in Vitoria-ES (Brazil)



Ricardo Nacari Maioli ricardomaioli@uol.com.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo - Brasil

Cristina Engel de Alvarez cristinaengel@pq.cnpq.br

Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo - Brasil



RESUMO

Palabras Claves
Simulação Computacional
Prateleiras de luz
Sala comercial
Iluminâncias

A pesquisa partiu da premissa que as edificações comerciais da cidade de Vitória estão sendo construídas com uma tipologia arquitetônica não adequada ao clima quente e úmido, prejudicando o desempenho de tarefas por parte dos usuários e gerando gastos energéticos desnecessários. As prateleiras de luz podem aperfeiçoar o uso da luz natural dentro das salas comerciais, minimizando os efeitos do clima local. O objetivo deste trabalho é comparar o desempenho das prateleiras de luz com a tipologia construtiva praticada no mercado da região. Para tal fim, foram desenvolvidos dois modelos de sala padrão, baseadas na tipologia encontrada nas edificações, através do software DIALux de simulação computacional, sendo um com prateleiras de luz internas e externas e outro com vidro refletivo. Foram analisadas as iluminâncias em 5 pontos de cálculo no interior da sala e comparados os resultados, comprovando a eficiência das prateleiras em uniformizar a luz no interior do ambiente e evitar ganhos térmicos e desconforto visual por excesso de iluminação.

ABSTRACT

Key Words
Computer simulation
Lightshelves
Office room
Illuminance

Office buildings in the city of Vitoria are being built with an architectural typology that is not appropriate for hot and humid climate, affecting the performance of the users and generating unnecessary energy consumption. Lightshelves can improve the use of natural light inside the office rooms, minimizing the effects of local climate. The objective of this study is to compare the performance of lightshelves in building typologies practiced in the region. For this, two models were developed for a standard room, based on the type found in buildings, through the computer simulation software DIALux; one with internal and external lightshelves and the other with reflective glass. Illuminance levels were analyzed in five calculation points inside the room and the results compared, proving the efficiency of the lightshelves for the uniformity of the light inside the room and to avoid thermal gains and visual discomfort.

1. Introdução

O aumento dos preços da energia em consequência ao embargo do petróleo em 1973 forçou uma reavaliação das práticas de uso da energia (Lamberts et al., 1997) e o posterior agravamento da crise levou essa preocupação inclusive para a construção civil. Tornou-se evidente a ineficiência dos projetos executados na época em virtude, dentre outros fatores, da

utilização indiscriminada de energia (Cândido, et. al., 2005).

Esses fatores fizeram com que países desenvolvidos da Europa e América do Norte criassem leis relacionadas à busca de eficiência energética e programas de avaliação ambiental, nas quais as edificações eram submetidas a metas de consumo e desempenho (Santos, 2007).

A tipologia arquitetônica presente nas edificações comerciais na Região Metropolitana da Grande Vitória é baseada no padrão internacional, apresentando fachadas com grandes áreas envidraçadas visando atender os desejos estéticos do mercado. Entretanto, a cidade de Vitória, localizada a 20°16' S latitude, está situada entre a Linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, sendo caracterizada pelo clima quente e úmido, apresentando altas temperaturas ao longo do ano e altos índices de umidade relativa, diferentemente dos países europeus e norte-americanos. Segundo a NBR 15220-3 (2005), que trata do zoneamento bioclimático brasileiro, a região se situa na Zona Bioclimática 08, na qual uma das diretrizes construtivas é sombrear as janelas.

Segundo Corbella e Yannas (2003), diferentemente de regiões com característica de céus com pouca luminosidade, nas regiões tropicais deve-se controlar a radiação solar direta, evitando assim altos índices de iluminâncias, ofuscamento, altos contrastes e ganhos térmicos no interior das edificações. O principal fator de ganho térmico em um ambiente é a radiação que penetra pelos fechamentos transparentes.

O vidro refletivo, largamente utilizado nas edificações comerciais de maior porte da região, proporciona redução considerável das temperaturas no interior das construções, entretanto causa ofuscamento no entorno imediato e redução da presença de luz natural no espaço interno (Lima et al., 2009).

Segundo Santos (2007), para se reduzir o ganho térmico e o desconforto em regiões de clima quente não se pode contar apenas com o vidro e o uso de elementos sombreadores se torna fundamental para o bom desempenho térmico da edificação.

Nas edificações em altura, a iluminação natural lateral é a mais utilizada e tem como uma de suas características uma distribuição de iluminâncias desigual no ambiente interno. A luz que atinge o plano de trabalho nos escritórios, não deve atingir contrastes excessivos, com variações das luminâncias menores que a proporção 10:1 (Ruck et al., 2000). Assim, para se obter uma distribuição mais uniforme da luz natural no espaço interno, proveniente das janelas, pode-se adotar como estratégia a utilização de prateleiras de luz (Vianna & Gonçalves, 2001; Baker, et. al., 2010; Freewan, 2010).

De acordo com Hopkinson et al. (1975) e Baker et al. (2010) a luz natural no interior das edificações provém dos seguintes componentes externos: a luz do sol, a luz do céu e a luz refletida no piso e em outras superfícies externas.

2. Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é comparar o desempenho de aberturas com prateleiras de luz em relação às janelas de vidro refletivo em um ambiente de trabalho. A análise de desempenho é realizada ainda, através da verificação da capacidade do primeiro dispositivo em uniformizar a iluminação natural dentro de uma sala comercial.

3. Método

A metodologia utilizada baseia-se em comparações dos níveis internos de iluminação natural através de simulações computacionais com o auxílio do programa DIALux, versão 4.9.0.1. Esse software foi selecionado em função de possuir uma interface amigável (Ekren et al., 2008); simular modelos em 3 (três) dimensões com cálculos para radiação solar direta, difusa, reflexões da luz nos objetos e superfícies internas e externas e por permitir ainda editar algumas propriedades dos vidros. Além desses fatos, segundo Acosta, Navarro e Sendra (2011), o software tem representação e presença mundial; é empregado profissionalmente e tem opções de cálculo muito precisas.

Os tipos de céu utilizados pelo software correspondem a CIE (Comission Internationale de l'Eclairage, Grã-Bretanha) 110-1994 "Spatial Distribution of Daylight – Luminance Distributions of Various Reference Skies". Foram utilizados três tipos de céu para as simulações: o céu claro; o céu encoberto; e o céu parcialmente encoberto (classificado como "mesclado" pelo software). No primeiro tipo utilizou-se a opção que contempla a radiação solar direta.

Para definir as características do ambiente tipo a ser analisado, foram pesquisados os modelos básicos de salas comerciais existentes, bem como as tipologias atualmente propostas em edifícios em fase de lançamento ou em construção, visando o estabelecimento de parâmetros coerentes com a oferta do mercado local.

Para o primeiro modelo simulado, a sala foi definida com uma janela em toda sua largura (4,60m), com altura de 1,60m e peitoril de 1,10m.

A abertura é composta por vidro refletivo com transparência de 29% e grau de reflexão de 61%. Optou-se por um pé-direito de 2,70m e pelas superfícies das paredes e teto brancos com grau de reflexão de 78% e pelo piso, definido como “padrão” pelo software, com 20% de refletância. Dentro da geometria da sala foi prevista uma copa com acesso ao lavabo e duas portas, sendo uma de acesso a este último e outra no hall da sala, ambas com grau de reflexão de 52%.

O segundo modelo de ambiente simulado tem as mesmas características geométricas e de layout do primeiro, porém com prateleiras de luz em seu interior e exterior, sendo a superfície superior desta com grau de reflexão de 88% e as outras superfícies com 30%. O dispositivo foi projetado a 1,00m do peitoril da abertura, com largura interna ao ambiente de 0,70m, externa de 0,95m e com 10cm de espessura. A porção exterior da prateleira foi dotada de uma curvatura, conforme Figura 1, para auxiliar o redirecionamento da luz proveniente do zênite ou próxima a este ponto da abóbada celeste. Neste modelo foi adotado um vidro incolor, com transparência de 78% e 6% de grau de reflexão.

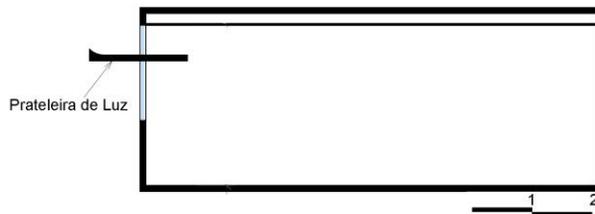


Figura 1: Corte transversal da sala com prateleiras de luz interna e externa. Fonte: Elaboração própria.

Figure 1: Longitudinal section of the office with internal and external lightshelves. Source: Own elaboration.

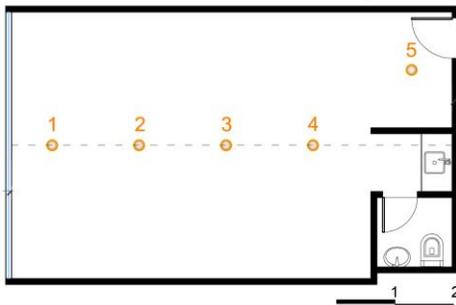


Figura 2: Planta baixa da sala e indicativo pontos de cálculo. Fonte: Elaboração própria.

Figure 2: Floorplan of the office with indicative of calculation points. Source: Own elaboration.

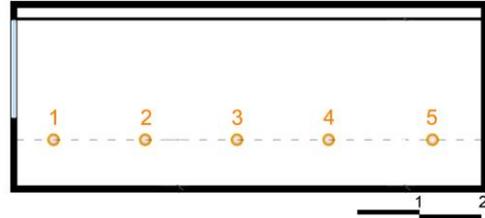


Figura 3: Corte longitudinal da sala com altura do plano de trabalho e indicativo dos pontos de cálculo. Fonte: Elaboração própria.

Figure 3: Longitudinal section of the office with indicative of calculation points at work plane. Source: Own elaboration

Dentro dessas salas foram escolhidos 5 pontos de cálculo, sendo quatro alinhados no eixo da sala, distantes 1,5m entre si, e um centralizado no hall de entrada, conforme demonstrado nas Figuras 2 e 3. A altura de trabalho considerada é de 0,75m e os pontos de medição foram definidos com o objetivo de verificar os níveis de iluminância a partir do distanciamento da janela.

Para comparar o desempenho da tipologia existente com um modelo contendo o dispositivo prateleira de luz na abertura, foram simuladas as duas salas, nas orientações Norte e Sul (azimutes 0 e 180° respectivamente), nas quais a proteção pode influenciar na radiação solar direta incidente no ambiente, mantendo contato visual exterior e expondo o ocupante à iluminação natural, que é benéfica à saúde (Keeler & Burke, 2010).

Os dias definidos para as simulações foram o 22 de dezembro (solstício de verão), o 21 de março (equinócio de outono) e o 22 de junho (solstício de inverno) e os horários escolhidos para cada dia foram 8h, 10h, 12h, 14h e 16h.

Nas simulações desta pesquisa, somente foram consideradas as componentes provenientes do sol e da abóbada celeste, sem obstrução de parte do céu por obstáculos construídos ou naturais, visto que dentro das cidades, as parcelas de luz refletidas podem variar bastante em virtude das variações de pavimentação, revestimento da envoltória e altura das construções do entorno, etc.

4. Análise de resultados

4.1 Modelo sem prateleiras de luz

Os resultados foram analisados e comprovam altos índices de iluminâncias (lux) no interior da sala em algumas horas simuladas nos modelos sem prateleiras de luz, como pode ser observado nas Figuras 4 e 5, o que gera ofuscamento e desconforto ao usuário.

Mesmo nestes modelos compostos por janela com vidro refletivo, no ponto 1, mais próximo à abertura, a simulação atingiu um valor de 9765 lux em um dos horários estudados, destacando-se que, conforme Pereira e Souza (2000) e Vianna e Gonçalves (2001), recomenda-se níveis de iluminamento inferiores a 2000 lux, valor considerado como ponto de saturação, a fim de evitar a fadiga visual.

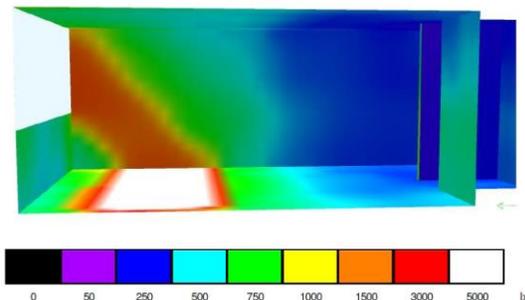


Figura 4: Simulação em cores falsas da sala Norte, sem prateleiras de luz, no solstício de inverno às 12h. Fonte: Elaboração própria.

Figure 4: Simulation in false colors of the north-facing office, without lightshelves, in the winter solstice at 12. Source: Own elaboration

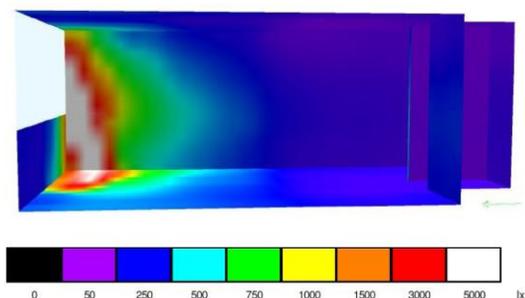


Figura 5: Simulação em cores falsas da sala Sul, sem prateleiras de luz, no solstício de verão às 8h. Fonte: Elaboração própria.

Figure 5: Simulation in false colors of the south-facing office, without lightshelves, in the summer solstice at 8am. Source: Own elaboration

Foi constatada ainda uma distribuição não uniforme no plano de trabalho com proporção de iluminâncias, entre o ponto que recebe mais luz e o que recebe menos luz, com uma média superior a 10:1, chegando a atingir, em determinados horários, proporções superiores a 30:1 (Figuras 6 e 7).

Nas simulações do ambiente sem as prateleiras de luz os baixos níveis de iluminância foram observados devido ao baixo índice de transmissividade do vidro (29%). Os resultados apresentaram em 70% do total das horas

simuladas medições abaixo de 300 lux, valor considerado como necessário para tarefas visuais simples (ABNT, NBR-5413, 1992). Os pontos que apresentaram maior frequência de valores de iluminâncias abaixo de 300 lux foram os pontos 3, 4 e 5, posicionados mais afastados da abertura.

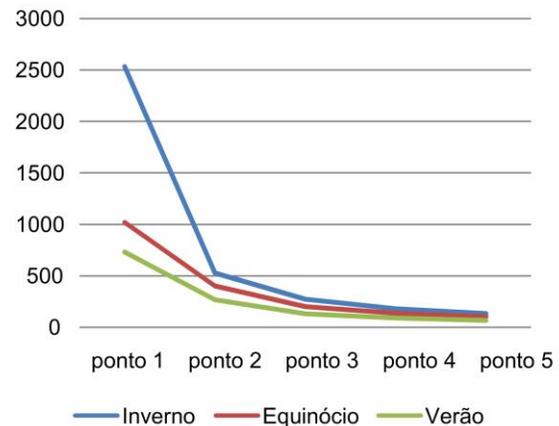


Figura 6: Gráfico de distribuição das iluminâncias médias da sala Norte sem prateleiras de luz. Fonte: Elaboração própria.

Figure 6: Graph of distribution of the average illuminance of the north-facing office without lightshelves. Source: Own elaboration

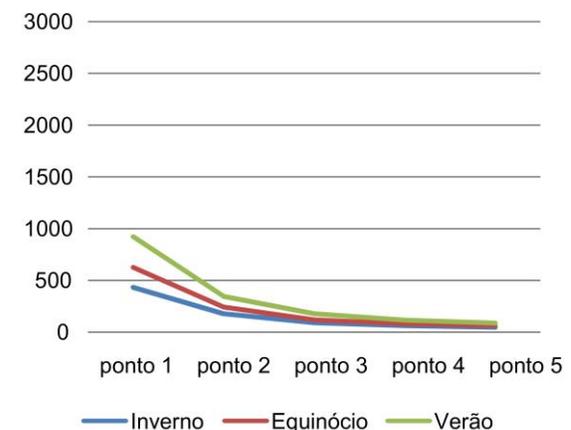


Figura 7: Gráfico de distribuição das iluminâncias médias da sala Sul sem prateleiras de luz. Fonte: Elaboração própria.

Figure 7: Graph of distribution of the average illuminance of the south-facing office without lightshelves. Source: Own elaboration.

A pior situação entre os modelos simulados foi na da sala com orientação Sul no dia 22 de junho com o céu claro, como pode ser observado na Tabela 1. Neste dia a maior iluminância obtida foi de 377 lux a média total de 150,6 lux, sendo assim necessária uma complementação com a luz artificial para atingir níveis satisfatórios dentro do ambiente, mesmo com disponibilidade de luz natural externa.

Tabela 1: Iluminância em lux da simulação da sala Sul no dia 22/06 com céu claro. Fonte: Elaboração própria.

Table 1: Illuminance in lux of the south-facing office simulation on June 22 with clear skies. Source: Own elaboration.

Pontos de Iluminâncias	Iluminâncias (lx)				
	8h	10h	12h	14h	16h
ponto 1	288	374	377	366	223
ponto 2	156	208	210	203	121
ponto 3	91	126	127	122	70
ponto 4	67	91	93	88	51
ponto 5	51	72	76	72	42

O único ponto que apresentou iluminância média acima de 500 lux necessários para o iluminamento de um escritório, segundo a NBR-5413 (1992) foi o ponto de cálculo 1 (um) localizado próximo à abertura. Os demais apresentaram uma média geral abaixo deste valor.

Os dois pontos mais afastados da abertura atingiram níveis bastante baixos de iluminação natural, principalmente nas simulações de céu encoberto cujo nível não alcançou 100 lux em nenhum horário considerado. Este tipo de céu também não foi favorável a uniformização da iluminação interna, obtendo assim contrastes de pouco mais de 14:1 em 100% dos horários simulados.

As salas das duas orientações, Norte e Sul, obtiveram melhor desempenho na uniformidade das iluminâncias no plano de trabalho nas simulações com céu claro, com exceção da simulação da sala Norte no solstício de inverno, que atingiu níveis superiores a 3000 lux em 80% das horas simuladas e conseqüentemente, resultou em um grande contraste entre o primeiro e último ponto, conforme Figura 8.

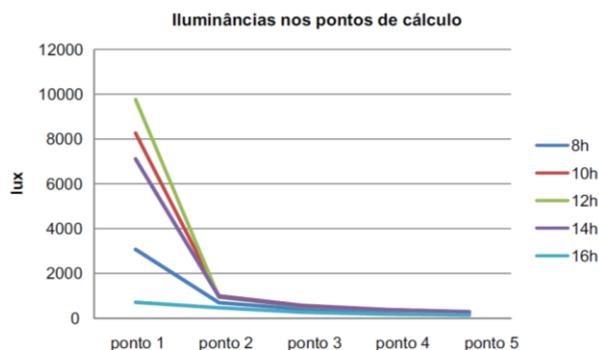


Figura 8: Gráfico de distribuição das iluminâncias da Sala Norte, sem prateleiras de luz, no solstício de inverno para céu claro. Fonte: Elaboração própria.

Figure 8: Graph of illuminance distribution of the north-facing office without lightshelves, in the winter solstice for clear skies. Source: Own elaboration.

Outro problema apresentado foi o alto índice de radiação solar direta no interior do ambiente que, segundo Frota e Schiffer (1999), deve ser evitada em climas quentes, prevenindo-se assim, ganhos demasiados de calor. Esse fato foi observado em 50% das horas simuladas para céu claro, sobretudo no ponto 1, localizado próximo à abertura, sendo a pior situação registrada na sala norte, onde esse índice atingiu 66%. O maior percentual de horas com radiação solar direta na sala Norte pode ser creditado a localização da região simulada no hemisfério Sul, onde a trajetória solar predomina na porção norte da abóboda celeste. Nas simulações de céu mesclado e encoberto não é utilizada pelo *software* a radiação solar direta.

4.2 Modelo com prateleiras de luz

Nas simulações do modelo com o dispositivo de proteção e redirecionamento de luz consegue-se perceber uma distribuição mais uniforme da luz natural no plano de trabalho e não é mais percebida a presença da radiação solar direta dentro do ambiente, o que somente ocorreu em aproximadamente 10% das horas simuladas com céu claro. Esse fato ocorreu apenas no modelo simulado orientado para o Norte e no solstício de inverno, quando as prateleiras de luz projetadas, em função do ângulo da altura solar em determinados horários, não consegue bloquear totalmente a radiação solar direta. Nesses horários, parte dos raios solares atinge diretamente a porção da sala próxima à abertura, produzindo uma faixa de brilho mais intenso, acima de 2000 lux, sobretudo nas laterais do ambiente, ou seja, nas paredes e áreas próximas a estas. Os horários de maior ocorrência desse fenômeno são às 8h e às 16h.

No modelo simulado (Figura 09) percebe-se uma distribuição mais uniforme, com contrastes na proporção 3,3:1 no plano de trabalho, e atingindo, no solstício de inverno, índices de 483 e 390 lux nos pontos 4 e 5, respectivamente, mais afastados da janela. Aliada a distribuição uniforme, a ausência da radiação solar direta penetrando pelo vidro possibilitou um nível de 1292 lux no ponto 1, próximo à abertura, sem causar ofuscamento por excesso de iluminâncias.

Como pode ser observada na Figura 10, a maior presença de luminâncias se encontra no teto, na região próxima à abertura, em virtude do rebatimento da luz através das prateleiras. O teto iluminado, por sua vez, funcionará como uma luminária, fornecendo luz difusa para o restante

do ambiente, proporcionando assim, uma iluminação mais uniforme no piso e no plano de trabalho.

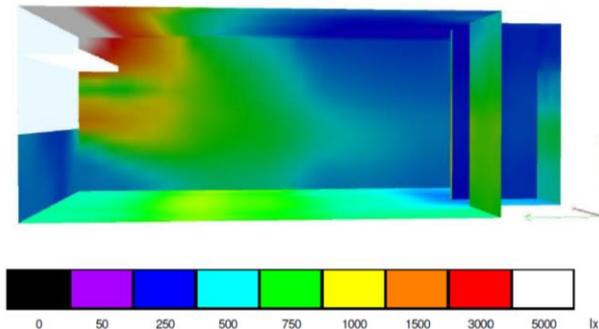


Figura 9: Simulação em cores falsas da sala Norte, com prateleiras de luz interna e externa no dia 22 de junho (solstício de inverno) às 12h. Fonte: Elaboração própria.

Figure 9: Simulation in false colors of the north-facing office with internal and external lightshelves on June 22 (winter solstice) at 12. Source: Own elaboration.

Nos modelos com os dispositivos de proteção e distribuição de luz, a proporção de iluminâncias, entre o ponto que recebe mais luz e o que recebe menos luz no plano de trabalho atingiu com uma média geral de 3,72:1, chegando a atingir, em determinados horários, proporções inferiores a 2,5:1. Esses dados comprovam a capacidade de uniformização na distribuição da luz interna com o uso das prateleiras de luz, principalmente em dias claros, com a presença da radiação solar direta, nos quais os dispositivos apresentam melhor desempenho, conforme verificado na Tabela 2 e na Figura 10.

Tabela 2: Iluminância (E) em lux da simulação da sala Norte, com prateleiras de luz, no dia 21/03 com céu claro. Fonte: Elaboração própria.

Table 2: Illuminance (E) in lux of the simulation of the north-facing office with lightshelves on March 21 with clear skies. Source: Own elaboration.

Pontos de Iluminâncias	Iluminâncias (lx)				
	8h	10h	12h	14h	16h
ponto 1	673	984	1051	950	571
ponto 2	599	968	1070	934	499
ponto 3	371	588	648	562	309
ponto 4	259	390	424	378	218
ponto 5	191	287	317	293	178
E média	419	644	702	623	355
E máx/E mín	3,52	3,43	3,38	3,24	3,21

As médias gerais das iluminâncias no plano de trabalho das duas orientações apresentam um alcance maior da iluminação natural nos pontos mais afastados da janela, em virtude dos

dispositivos de proteção e redirecionamento de luz. Proporcionalmente, os pontos de cálculo 2, 3, 4 e 5 obtiveram ganhos consideráveis de iluminâncias.

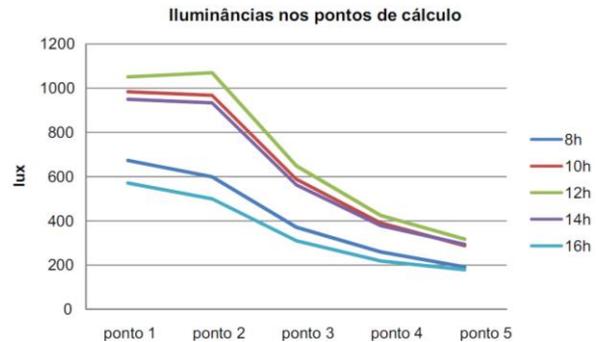


Figura 10: Gráfico de distribuição das iluminâncias na sala Norte, com prateleiras de luz, no dia 21/03 (equinócio) com céu claro. Fonte: Elaboração própria.

Figure 10: Graph of distribution of illuminance in the north-facing office with lightshelves on March 21 (equinox) with clear skies. Source: Own elaboration.

Tabela 3: Resultados de ganhos de iluminâncias nos modelos simulados. Fonte: Elaboração própria.

Table 3: Results of gain illuminances in simulated models. Source: Own elaboration.

Pontos de cálculo	Sala sem prateleiras de luz	Sala com prateleiras de luz	Ganho percentual de iluminâncias
Sala Norte			
ponto 1	1427,91	775,3	-46%
ponto 2	398,04	506,3	27%
ponto 3	200,84	315,4	57%
ponto 4	135,33	221,0	63%
ponto 5	101,07	177,4	76%
Sala Sul			
ponto 1	659,80	493,1	-25%
ponto 2	255,02	400,6	57%
ponto 3	128,71	251,3	95%
ponto 4	85,86	174,9	104%
ponto 5	64,93	139,7	115%

Somente no ponto de cálculo 1 houve redução no percentual de iluminância no modelo com prateleiras de luz. Isso se deve ao fato do dispositivo citado obstruir a entrada da radiação solar direta e conseqüentemente, baixar os índices de iluminância em tal medição. Entretanto, mesmo com as prateleiras obstruindo a radiação direta, parte desta ainda consegue penetrar pela abertura quando o Sol está em um ângulo de altura solar baixo, configurando manchas solares nas paredes e no plano de trabalho, elevando os índices de iluminância do ponto 1, principalmente

na sala com orientação Norte. Esse fato pode ser verificado na Figura 11, na linha azul, correspondente ao dia 22 de junho (solstício de inverno). Entretanto, essa situação não ocorre na sala com orientação Sul (Fig.12).

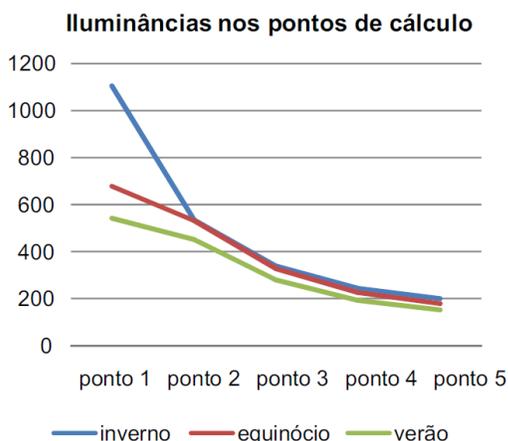


Figura 11: Gráfico de distribuição das iluminâncias médias da sala Norte com prateleiras de luz. Fonte: Elaboração própria.
Figure 11: Graph of distribution of average illuminance in north-facing office with lightshelves. Source: Own elaboration.

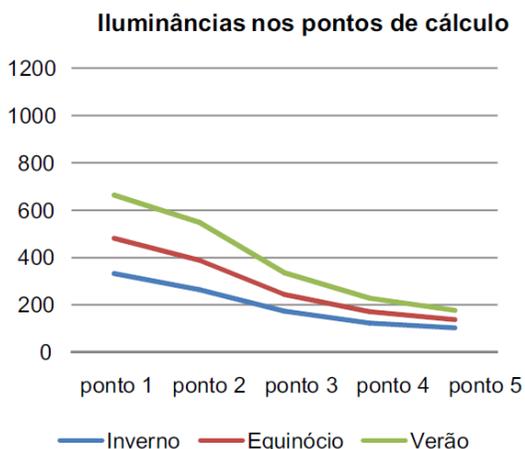


Figura 12: Gráfico de distribuição das iluminâncias médias da sala Sul com prateleiras de luz. Fonte: Elaboração própria.
Figure 12: Graph of distribution of average illuminance in south-facing office with lightshelves. Source: Own elaboration.

Na análise das simulações dos modelos com as prateleiras nas orientações Norte e Sul observa-se uma média geral mais uniforme e com um nível de iluminâncias nos pontos 3, 4 e 5 abaixo dos 300lux (Fig.13), necessitando, com isso, de iluminação artificial complementar para tarefas visuais simples em 79% dos horários simulados em que esse índice não é alcançado.

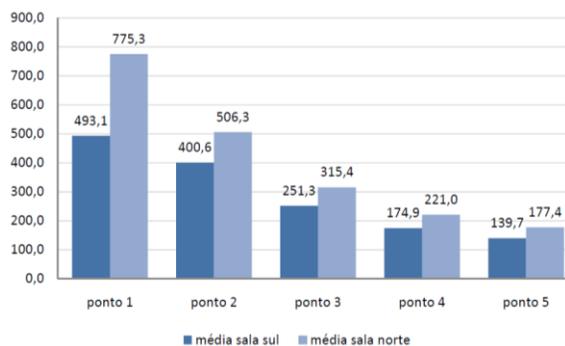


Figura 13: Gráfico de distribuição das iluminâncias médias (lux) das duas orientações com prateleiras de luz. Fonte: Elaboração própria.

Figure 13: Graph of distribution of average illuminance (lux) in both-facing offices with lightshelves. Source: Own elaboration.

5. Conclusões

Os resultados obtidos demonstram uma maior uniformidade na iluminação interna dos modelos com prateleira de luz, sendo que estes modelos simulados apresentam melhor desempenho quando comparados com os modelos em vidros refletivos atualmente utilizados no mercado regional.

Nas simulações sem prateleiras de luz foi observada uma forte presença da radiação solar direta nos pontos de cálculo próximos à abertura, causando desconforto visual por ofuscamento e acarretando ganhos térmicos para o interior da edificação. Entretanto, nos modelos simulados com prateleiras de luz os ganhos térmicos seriam reduzidos, pois os vidros, principais responsáveis pelos ganhos térmicos de uma edificação (Lamberts et al., 1997), estariam na sombra a maior parte das horas em virtude das prateleiras de luz externas.

Contudo, essa proteção externa, não consegue impedir que a radiação solar direta penetre algumas horas do ano, sugerindo que o desenho das prateleiras tenha que sofrer alterações em função da orientação ou ainda, a necessidade de adoção de proteções internas reguláveis sob as prateleiras de luz – como persianas, por exemplo –, bloqueando a radiação no plano de trabalho nas horas indesejadas. No entanto, esse dispositivo, quando acionado, trará um prejuízo parcial na penetração da iluminação natural, visto que a área envidraçada sob a prateleira contribui para a captação da luz natural para o interior do ambiente, e a parcela de vidro sobre a prateleira de luz deve estar desobstruída, mantendo o seu papel original.

Os dispositivos de proteção e redirecionamento de luz natural se mostraram mais eficientes que os modelos simulados com vidro refletivo, pois conseguiram minimizar a presença da radiação solar direta e uniformizar a distribuição das iluminâncias no plano de trabalho, conforme demonstrado nas Figuras 14 e 15. Porém, o que se mostrou mais eficiente foi o dispositivo implantado na sala com orientação Norte, visto que esta parcela da abóbada celeste possui maior predominância da trajetória solar na latitude da região estudada (20° S).

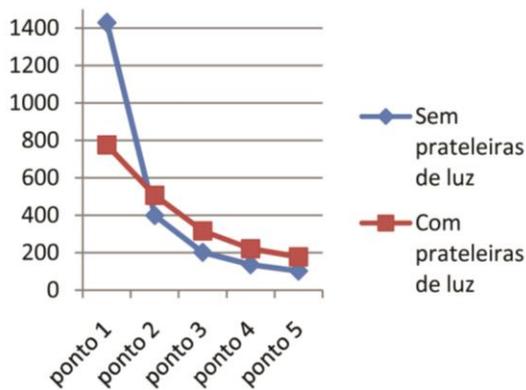


Figura 14: Média das iluminâncias da sala Norte. Fonte: Elaboração própria.

Figure 14: Average illuminance in north-facing office. Source: Own elaboration.

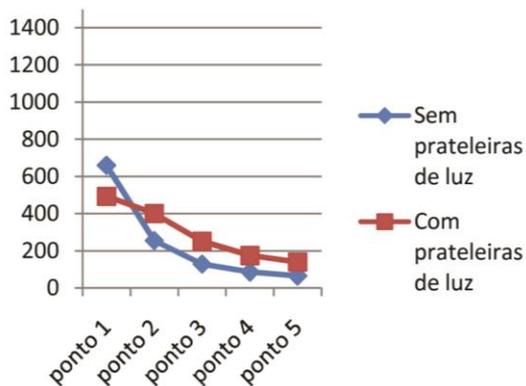


Figura 15: Média das iluminâncias da sala Sul. Fonte: Elaboração própria.

Figure 15: Average illuminance in south-facing office. Source: Own elaboration.

Apesar da uniformização da iluminação natural no ambiente de trabalho, ainda é necessária uma complementação da mesma com luz artificial para se atingir níveis satisfatórios de iluminância em alguns pontos no interior do ambiente, em determinadas horas do dia e dias

do ano, sendo que a prateleira de luz apresentou melhores índices de desempenho na sala Norte em virtude da trajetória solar predominante nessa região da abóboda celeste para a latitude estudada. Entretanto, vale ressaltar a importância da separação por pontos dos circuitos elétricos de acionamento da iluminação artificial dentro do ambiente de trabalho, para serem acionados quando necessário, sem desperdício de energia elétrica.

Os resultados obtidos com a pesquisa permitem afirmar que, para as condições analisadas, é possível desenvolver projetos bioclimáticos, energeticamente eficientes, aproveitando a iluminação natural e integrando-a com a artificial, sendo um pré-requisito fundamental o efetivo conhecimento do clima e dos condicionantes e potencialidades locais.

Agradecimentos

O apoio financeiro da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), através da bolsa de mestrado, que permitiu o desenvolvimento da pesquisa.

Referências Bibliográficas

Acosta, I., Navarro, J., & Sendra, J. J. (2011). Towards an analysis of daylighting simulation software. *Energies*, 4, 1010-1024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). NBR-5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: Autor.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Autor.

Baker, N., Fanchiotti, A., & Steemers, K. (2010). *Daylighting in Architecture – A European Reference Book*. London: Earthscan Ltd.

Cândido, C., Torres, S., & Cabús, R. (2005). Análise da utilização de prateleiras de luz em edifício de pesquisas da UFAL, Maceió-AL. In: ENCAC – ELACAC 2005, 83-91. Anais... Maceió.

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage (2002). *Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky*. CIE. Wien.

Corbella, O., & Yannas, S. (2003). *Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos*. Rio de Janeiro: Revan.

Ekren, N., Dursun, B., & Aykut, E. (2008). *Lighting Computer Programs in Lighting Technology*. Gazi University Journal of Science, 21(1), 15-20.

Freewan, A. A. (2010). Maximizing the lightshelf performance by interaction between lightshelf

geometries and curved ceiling. *Energy Conversion and Management*, 51, 1600-1604.

Frota, A. B., & Schiffer, S. R. (1999). *Manual de conforto térmico*. (3a ed.). São Paulo: Studio Nobel.

Hopkinson, R.G., Petherbridge, P., & Longmore, J. (1975). *Iluminação Natural*. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian.

Keeler, M., & Burke, B. (2010). *Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis*. Porto Alegre: Bookman.

Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. R. (1997). *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW.

Lima, T. B. S., Amorim, C. N. D., & Chaim, G. M. C. (2009). Simulação do desempenho energético de edifícios de escritórios em Brasília. In: XIII Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital - SIGraDi 2009, 45-47. Anais... São Paulo.

Pereira, F. R., & Souza, M. B. (2000). *Iluminação*.

Apostila da disciplina de conforto ambiental – Iluminação. UFSC: Florianópolis.

Ruck, N. et al. (2000). *Daylighting in Buildings - A source book on daylighting systems and components*. International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings & Community Systems. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley.

Santos, C. M. L. (2007). *O projeto de iluminação para edifícios de escritórios - Influência das Variáveis arquitetônicas no comportamento da luz natural e conforto visual*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Vianna, N. S., & Gonçalves, J. C. S. (2001). *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo: Virtus.

Recibido: 24|08|2012
Aceptado: 27|02|2013