

## **Prateleira de luz e *brise*: avaliação de desempenho para a cidade de São Paulo.**

**Erika Ciconelli De Figueiredo (1) e Maria Augusta Justi Pisani (2)**

(1) Mestranda da Universidade Presbiteriana Mackenzie, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, em Conforto Ambiental, Brasil. E-mail: erika@contemporaria.com.br

(2) Prof. Doutora da Universidade Presbiteriana Mackenzie da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasil. E-mail: augustajp@gmail.com  
APOIO: FAPESP

**Resumo:** Estudos de casos em edifícios de escritórios, construídos na cidade de São Paulo nas três últimas décadas, constataram que o aproveitamento da luz natural não é compatível com a sua disponibilidade e pode ser explorado. **Introdução:** A partir das zonas propostas por Hausladen et al. (2004) desenvolveram-se simulações utilizando recursos como vidro de controle solar e geometria da insolação. **Objetivo:** esta pesquisa analisa as potencialidades das prateleiras de luz, ou light shelves, e alguns tipos de vidros na iluminação natural de ambientes, por meio da simulação de sistemas em programa computacional e geometria da insolação. São simulados diferentes tipos de envoltória a fim de analisar as possibilidades de melhoria da iluminância interna de ambientes. **Método:** a metodologia empregada consiste na elaboração de plantas e cortes de ambientes com detalhes de diferentes aberturas: a primeira com pele de vidro transparente; a segunda com brises soleil horizontais e vidro transparente, a terceira com prateleira de luz e a quarta, que utiliza o mesmo sistema da simulação 3, porém com alteração nos tipos de vidros. As simulações são feitas a partir dos dados do dia 21 de março às 9 h, 12 h e 15 h empregando o programa Relux Professional 2011 para obtenção de gráfico ponto a ponto de iluminância (em lux) e distribuição da iluminância em pseudo-cores. **Resultados:** a comparação entre as simulações demonstram vantagens para o sistema da prateleira de luz com dois tipos de vidro: o transparente na parte superior e o de controle solar na parte inferior. **Contribuições:** os resultados desta pesquisa podem ser aplicados diretamente nos processos projetuais de edifícios de escritórios para melhoria do uso da luz natural, evidenciando sua importância socioeconômica e ambiental.

**Palavras-chave:** iluminação natural, prateleira de luz, brise soleil.

**Abstract:** Case studies in office buildings, constructed in the city of Sao Paulo in the last three decades, found that the use of daylight is not compatible with its availability and may be better explored. **Introduction:** Several simulations were developed using solar control glass and solar geometry resources based on the areas proposed by Hausladen et al. (2004). **Objective:** This study investigates the potential of light shelves and some types of glass for daylight environments through the simulation of the proposed systems in Relux Professional 2011 and solar geometry. Different types of envelope are simulated in order to examine ways of improving indoor illuminance. **Method:** The methodology consists in drawing plans and sections of a given room with different openings' details: the first with transparent curtain wall, the second with horizontal louvres and transparent glass, the third with light shelf and the fourth with the same previous system, but with changes in glass types. The simulations are done for March the 21<sup>st</sup> during 9 h, 12 h and 15 h using the program Relux Professional 2010 to obtain a illuminance table

(lux) and illuminance distribution in pseudo colors. **Results:** The comparison between simulations show advantages for the light shelf with two types of glass system: transparent in the upper part and solar control at the bottom. **Contributions:** The results of this research can be applied directly to the design process of office buildings to improve the use of daylight, highlighting its socioeconomic and environment importance.

**Key-words:** daylight, light shelf, louvre.

## 1. INTRODUÇÃO

A distribuição da luz natural dentro de um ambiente é influenciada por condicionantes como: transmissão luminosa do vidro; altura do pé direito; elementos construtivos; área envidraçada; seu posicionamento na fachada e proteções externas.

A fachada pode ser dividida em três zonas: zona de luz natural, zona de visão e zona funcional, como mostra a figura 1. Cada região é responsável por uma função: a zona de luz natural é responsável por proporcionar a entrada de mais luz natural; a zona de visão proporciona o contato com o exterior e também permite a entrada de luz natural e a zona funcional contribui também com visão para o exterior, porém desempenha um papel menor em relação à luz natural (HAUSLADEN et al., 2004).

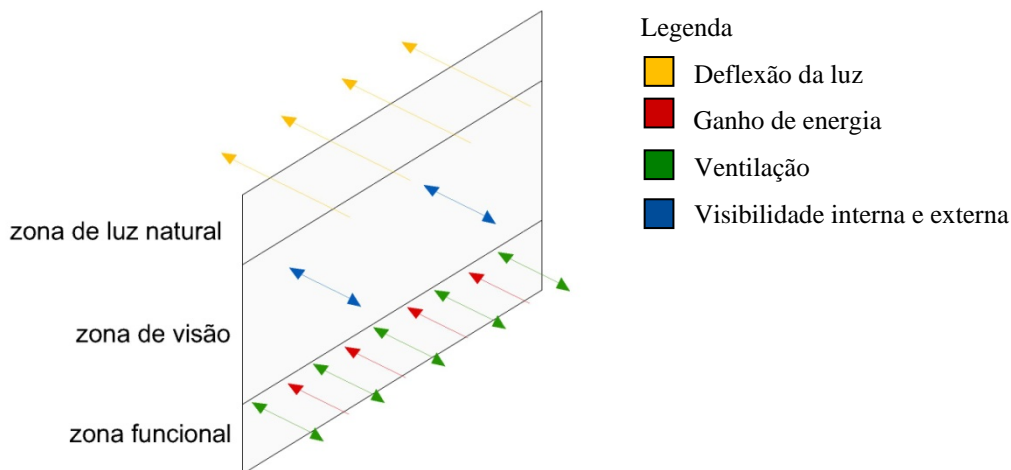


Figura 1 Divisão da fachada em três zonas: zona de luz natural, zona de visão e zona funcional. Fonte: adaptado de Hausladen et al., 2004, p. 52.

Esta pesquisa explora qual a influência dessas regiões na iluminância resultante de ambientes por meio de simulações computacionais no programa Relux Professional 2011. Em seguida são analisados sistemas com cortinas de vidro com o objetivo de avaliar o desempenho da luz natural difusa quantitativamente, com foco no uso de vidros de alto desempenho e na geometria da insolação.

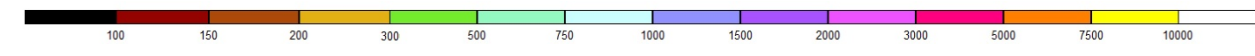
## 2. SIMULAÇÕES

As simulações foram feitas com diferentes sistemas de fachada utilizando vidros transparentes, com transmissão luminosa de 80%, e vidro de controle solar, com transmissão luminosa de 35%. O objetivo

foi identificar quantitativamente qual a contribuição de cada sistema. O cálculo foi feito para o dia 21 de março às 12 h, a 0,75 m do piso (altura do plano de trabalho segundo a NR 17:2007), com abertura orientada para o leste, centralizada na fachada e céu encoberto, segundo a CIE. A sala utilizada no estudo tem 6,0 m x 3,0 m (medidas internas) e pé direito de 2,80 m. As refletâncias de parede, teto e piso são 50%, 70% e 20% respectivamente. Os *brises* possuem 4,25 m x 0,50 m x 0,05 m (comprimento x largura x espessura), com distância entre as placas de 0,50 m, e refletância de 50%. A prateleira de luz possui 3,0 m x 2,00 m x 0,05 m, dista 2,00 m do forro e possui refletância de 70%. Foi utilizada componente indireta alta e malha de 0,30 x 0,30 m nas simulações.

As simulações empregaram o seguinte método: elaboração de plantas e cortes de ambientes com detalhes diferentes de aberturas, sendo a primeira com pele de vidro transparente; a segunda com *brises soleil* horizontais e vidro transparente, a terceira com prateleira de luz e a quarta emprega o mesmo sistema da simulação anterior, porém com mudança do vidro na zona de visão. As simulações foram realizadas para o dia 21 de março nos horários 9 h, 12 h e 15 h, empregando o programa Relux Professional 2011 e o estudo da geometria da insolação para a cidade de São Paulo.

A barra abaixo representa a legenda da distribuição de iluminâncias em pseudo-cores.



*Figura 2 Legenda da distribuição da iluminância em pseudo-cores.*

A seguir são apresentados os resultados da simulação 1 em três diferentes horários, conforme figuras 3, 4 e 5.



*Figura 3 Simulação 1 às 9 h.*

*Figura 4 Simulação 1 às 12 h.*

*Figura 5 Simulação 1 às 15 h.*

A simulação 1 emprega fachada cortina com vidro transparente e foi realizada para parametrizar as demais. Observa-se na figura 6, que a iluminância em pseudo-cores atinge os 500 lux (mínimo recomendado pela NBR 5413:1992 – Iluminância de interiores para tarefas com requisitos visuais normais, como trabalho de escritório) em todo o ambiente.



Nas figuras 7 e 8 nota-se que os 500 lux indicados não são contemplados em todo o ambiente.

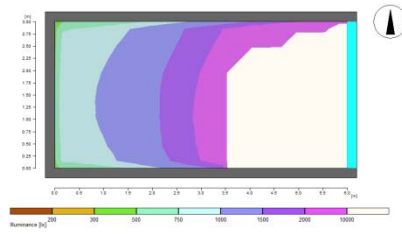


Figura 6 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 9 h.

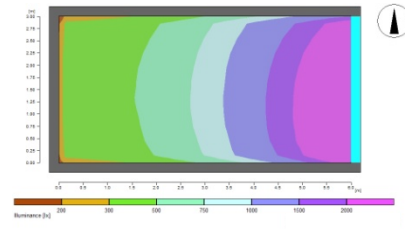


Figura 7 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 12 h.

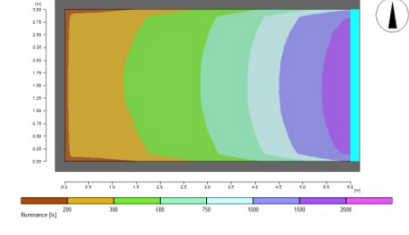


Figura 8 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 15 h.

A simulação 2 foram estudados *brises soleil* horizontais para a cortina de vidro transparente (transmissão luminosa de 80%) de maneira que permitissem a entrada de sol das 6 h 45 min às 9 h 35 min no dia 22 de junho, das 6 h às 9 h 5 min no dia 21 de março e das 5 h 15 min às 8 h 30 min no dia 22 de dezembro, o que resultou em 6 placas, com 46 cm entre elas, como mostram as figuras 9, 10 e 11.

“O problema principal com os sistemas fixos e não ajustáveis é que eles normalmente são posicionados para o pior horário, ou seja, para 80% do ano eles estão bloqueando mais luz do que o necessário. Eles podem, na verdade, implicar no uso de mais luz artificial no interior do ambiente<sup>1</sup>” (GARDNER; HANNAFORD, 1993, p. 82, tradução nossa). Outra desvantagem do *brise* é o bloqueio parcial da visão para o exterior.



Figura 9 Simulação 2 às 9 h.

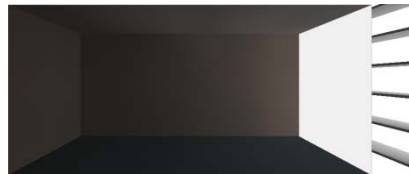


Figura 10 Simulação 2 às 12 h.

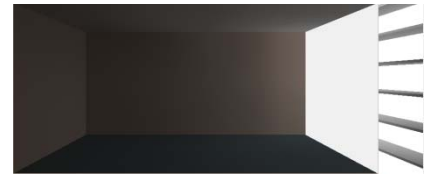
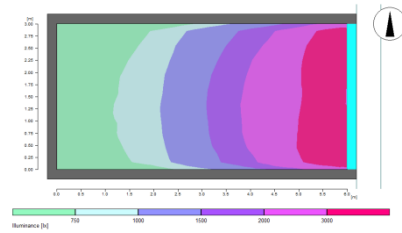


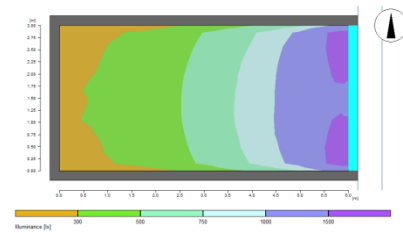
Figura 11 Simulação 2 às 15 h.

Os resultados das simulações nos três horários demonstram que às 9 h, figura 12, os 500 lux atingem todo o ambiente e às 12 h e às 15 h, figuras 13 e 14, a iluminância recomendada pela norma ultrapassa a metade dos ambientes.

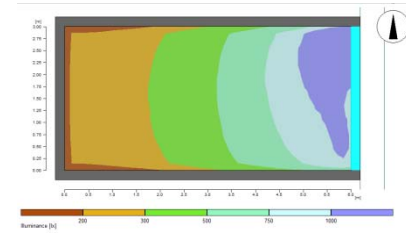
<sup>1</sup> The main problem with all fixed, non-adjustable systems is that they are generally set up for the worst-case scenario, so that for 80 per cent of the year they are excluding more light than they need to. They might actually entail the use of more artificial interior lighting.



*Figura 12 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 9 h.*



*Figura 13 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 12 h.*



*Figura 14 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 15 h.*

A simulação 3 adota a prateleira de luz, como mostram as figuras 15, 16 e 17 a seguir. A prateleira foi calculada para proteger totalmente o ambiente nos dias 16 de abril das 11 h 30 min às 12 h, 23 de março das 9 h 55 min às 12 h, e 22 de dezembro das 9 h 35 min às 12 h. Desse modo o ambiente pode ter incidência solar no inverno. Uma vantagem desse sistema é possibilitar a visão para o exterior.



*Figura 15 Simulação 3 às 9 h.*

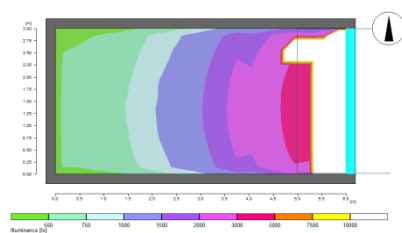


*Figura 16 Simulação 3 às 12 h.*

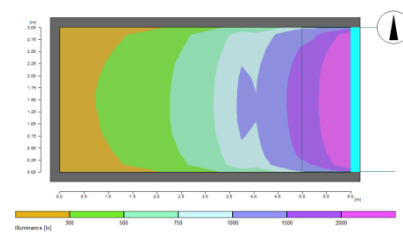


*Figura 17 Simulação 3 às 15 h.*

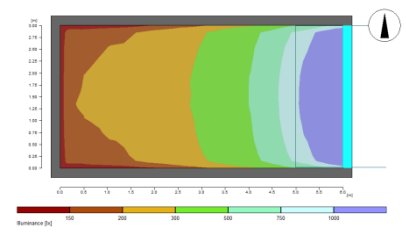
A figura 18 demonstra que a iluminância mínima abrange praticamente toda a sala, e a figura 19 indica que há 500 lux até a metade do ambiente e a figura 20 exibe a faixa da iluminância mais próxima da abertura.



*Figura 18 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 9 h.*



*Figura 19 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 12 h.*



*Figura 20 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 15 h.*

A simulação 4 utiliza o mesmo sistema da simulação 3, porém na zona de visão foi adotado um vidro de controle solar com transmissão luminosa de 35%. A zona de luz natural permaneceu com vidro transparente, como exibem as figuras 21, 22 e 23.



Figura 21 Simulação 4 às 9 h.



Figura 22 Simulação 4 às 12 h.



Figura 23 Simulação 4 às 15 h.

As figuras 24, 25 e 26 indicam a distribuição da iluminância nos períodos analisados. Pode-se observar que às 9 h há 500 lux em mais da metade do ambiente, às 12 h está até a metade e às 15 h a faixa azul está mais próxima da abertura.

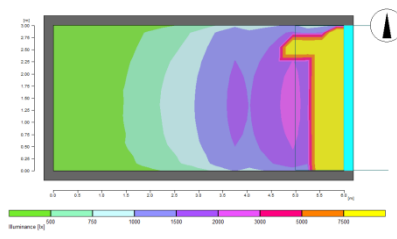


Figura 24 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 9 h.

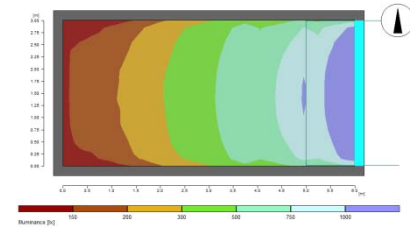


Figura 25 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 12 h.

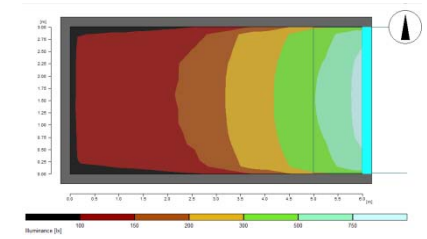


Figura 26 Distribuição da iluminância em pseudo-cores às 15 h.

### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A montagem dos gráficos a seguir facilita a detecção do local onde há uma mudança abrupta da iluminância. A simulação 1 às 9 h apresenta níveis altos de iluminância (acima de 30.000 lux) até a distância de 2,10 m da abertura, fator que gera ofuscamento, impedindo e/ou dificultando o desempenho das atividades. Para às 12 h a queda da curva da iluminância é mais suave porque a luz é difusa neste horário e a iluminância de 500 lux é obtida até 4,50 m da abertura. Para às 15 h a curva é similar à anterior, porém os 500 lux são obtidos apenas a 3,00 m da abertura.

Na simulação 2 às 9 h não apresenta variações abruptas em todo o ambiente, atingindo 632 lux no fundo do ambiente. Para às 12 h a queda da iluminância é suave apresentando 500 lux a 3,30 m de distância da abertura. Para às 15 h os 500 lux são atingidos até 1,50 m da abertura.

Na simulação 3 às 9 h a queda da iluminância é a 1,30 m da abertura, atingindo 554 lux no fundo do ambiente. Para às 12 h a queda da iluminância é mais suave, porém a partir de 3,50 m da abertura fica abaixo de 500 lux. Para às 15 h a faixa dos 500 lux termina a 2,30 m da abertura, onde ocorre uma inflexão da curva que prolonga a iluminância mínima de 1,80 m até 2,30 m da abertura.

Na simulação 4 às 9 h a queda abrupta da iluminância ocorre a 0,60 m da abertura, atingindo 500 lux a 1,30 m do fundo do ambiente. Para às 12 h a curva apresenta duas inflexões a 0,90 m e 2,10 m da abertura e atinge 500 lux a 2,70 m. Para às 15 h os 500 lux são atingidos a 0,60 m da abertura.

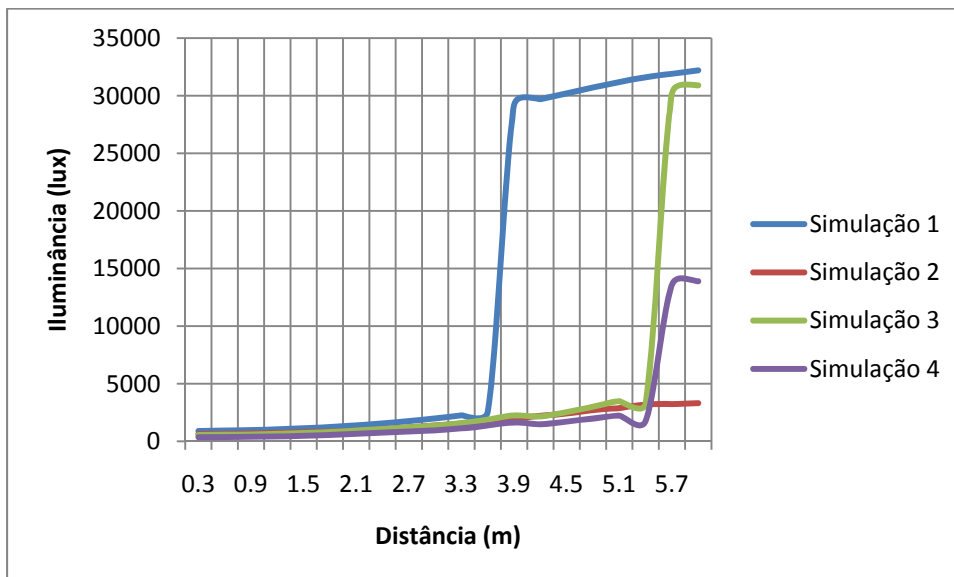


Gráfico 1 Gráfico comparativo entre as iluminâncias das simulações 1, 2, 3 e 4 às 9 h.

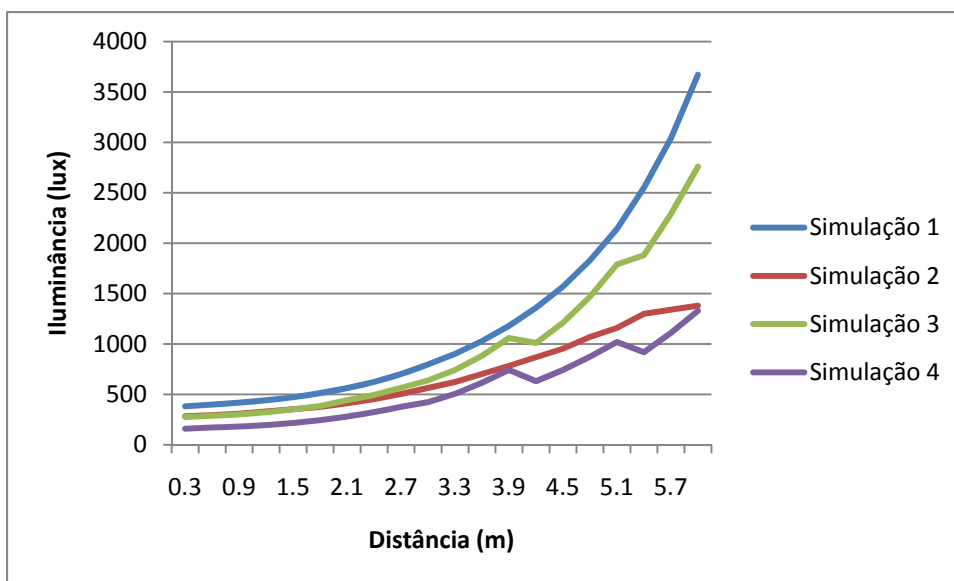


Gráfico 2 Gráfico comparativo entre as iluminâncias das simulações 1, 2, 3 e 4 às 12 h.

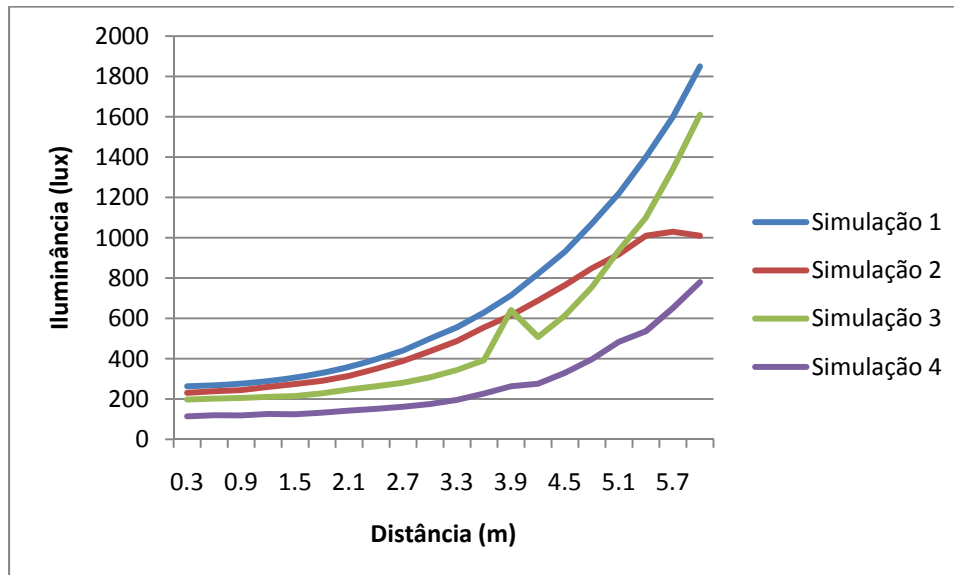


Gráfico 3 Gráfico comparativo entre as iluminâncias das simulações 1, 2, 3 e 4 às 15 h.

A comparação entre as simulações constatou grandes variações da iluminância, principalmente para às 9 h. A obtenção dos dados deu-se por meio da divisão dos valores máximos pelos mínimos e foram obtidos os seguintes resultados: às 9 h a diferença entre a iluminância mínima e máxima é de 35,73 vezes na simulação 1, 5,25 vezes na simulação 2, 55,77 vezes na simulação 3 e 38,39 na simulação 4. Estes resultados demonstram o grau de variação da iluminância para o mesmo ambiente de acordo com os recursos de fechamento e sombreamento da abertura.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante as simulações constatou-se variações da iluminância nos ambientes que não são percebidas durante o processo projetual, o que as tornam uma ferramenta importante para a escolha da forma, localização e especificação de vidros e dos elementos que compõe as aberturas.

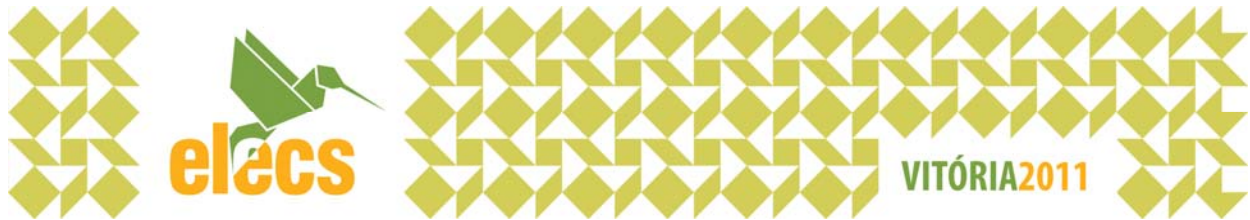
A análise dos resultados demonstram que na simulação 1, sistema que emprega cortina com vidro transparente, gera na área próxima à abertura, níveis de iluminâncias acima da zona de conforto para tarefas com requisitos visuais normais, como os escritórios, porém dependendo do horário, a 3,00 m de distância da abertura já não se encontram os 500 lux necessários.

Na simulação 2, *brises soleil* horizontais protegendo a cortina de vidro transparente, não há tanto ofuscamento como na simulação 1, porém às 9h apresenta boa distribuição luminosa e às 15 h se mostrou ineficiente porque não há luz solar direta incidindo no *brise*.

As simulações 3 e a 4, prateleira de luz, apresentaram resultados mais apropriados para ambientes de escritório por não terem diferenças tão abruptas de iluminâncias e pelo efeito de rebatimento da luz natural.

Este trabalho avaliou um ambiente com orientação leste, mas para o aproveitamento da iluminação natural em um edifício de escritórios este deve ser avaliado em todas as faces, com a colocação de





estruturas, blocos de circulação vertical e entorno imediato para que os resultados sejam empregados em diferentes usos de um escritório com eficiência no projeto.

Ressalta-se que durante o projeto de um ambiente de trabalho pequenas mudanças nos elementos de sombreamento, materiais, forma e dimensões das aberturas podem melhorar a distribuição da iluminação natural. Os resultados desta pesquisa podem ser aplicados diretamente ou servir como método de avaliação para alimentar os processos projetuais de espaços para escritórios com aproveitamento da luz natural.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: 1992.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17**: Ergonomia. Brasília: 2007.

GARDNER; HANNAFORD. **Lighting design**. The Design Council: London: 1993.

HAUSLADEN et al. **Climate design**. Birkhäuser. Munich: 2004.

RELUX INFORMATIK AG. **Relux Pro - 2011.1.3**. Basel: 2011.