

INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS DE FACHADA NO DESEMPENHO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS DE PLANTA LIVRE

Cynthia Marconsini L. Santos (1); Leopoldo Eurico G. Bastos (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – FAU – UFRJ - e-mail: c.marconsini@gmail.com

(2) Faculdade de Engenharia da UERJ – Departamento de Engenharia Mecânica

(2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – FAU - UFRJ – e-mail: leopoldobastos@gmail.com

RESUMO

Atualmente, um grande número de empresas brasileiras utiliza o escritório de planta-livre para suas atividades administrativas. É observado um alto consumo energético pelo sistema de iluminação artificial e apesar disso, em diversas situações, a luz natural não tem sido levada em consideração durante a concepção dos edifícios. Este problema ocorre face às dificuldades encontradas pelos profissionais em projetar corretamente um sistema de iluminação natural, o que requer uma análise profunda relacionada à orientação das fachadas, à escolha dos elementos de sombreamento, ao tipo de vidro empregado, à característica do entorno construído e as necessidades dos usuários. O objetivo deste trabalho é analisar a influência de algumas características da fachada no desempenho da luz natural em um escritório de planta-livre virtual através de uma metodologia desenvolvida com o auxílio da simulação computacional. Os valores de iluminância foram obtidos em uma malha considerada na altura do plano de trabalho, através do software Desktop Radiance. A disponibilidade de luz natural durante o ano foi analisada através da obtenção do índice “Iluminância Útil da Luz Natural”. O ofuscamento foi analisado através da luminância das janelas. Os resultados encontrados indicam a influência da correta escolha dos sistemas de iluminação natural no desempenho lumínico do escritório. A metodologia aplicada indica o potencial da utilização de simulações de luz natural no auxílio às escolhas de projeto, permitindo que se evitem erros que possam prejudicar o conforto visual e a eficiência energética da edificação.

Palavras-chave: iluminação natural, escritórios de planta-livre, simulação lumínica, conforto lumínico.

ABSTRACT

Nowadays, a great number of Brazilian companies utilize the open-plan office for business activities. It is observed a high electricity consumption from artificial lighting and it is not taken into account the daylight resources. This problem occurs face the difficulties encountered by the professionals to design an appropriated daylight system, which requires a deeper analysis relating the building façades orientation, solar passive shielding elements, glazing, and the indoor people needs. The aim of this paper is to analyse the influence of façades characteristics on daylight performance for a rectangular open-plan office virtual building located in Rio de Janeiro, Brazil, through a method developed with a computer aid simulation. The illuminance levels are obtained at each indoor point of a mesh considered at the work plan level by means of the software Desktop Radiance. The daylighting availability during the year was examined by the "Useful Daylight Illuminance" index. The glare effects were analysed through the luminance from the windows. The results confirm the influence of the correct choice of the systems in the daylighting performance. These results show the enormous potential of computer-aided-design when the architect utilizes a software as that used in this paper. Architectural conceptions errors can be avoided and energy conservation can be reached during the building life.

Keywords: daylighting, open-plan offices, computer simulation, visual comfort

1 INTRODUÇÃO

1.1 O escritório de planta-livre e as necessidades lumínicas

A construção de edifícios de escritórios com plantas livres (*open-plain offices*), com pavimentos totalmente abertos, sem obstáculos, tem sido comumente verificada nas grandes cidades brasileiras. Isto se deve à possibilidade de maior interação entre os usuários e à possibilidade de maior flexibilização do layout. Os modelos de ocupação de tais edificações são bem característicos e diversas vezes repetitivos: pavimento tipo com planta quadrada ou alongada, localização do bloco de serviços no centro ou em uma das laterais e presença de fachadas envidraçadas sem elementos de proteção solar. O controle da radiação solar fica a cargo da utilização de vidros com baixa transmissão térmica e visível que diminuem o coeficiente de ganho de calor solar, mas conseqüentemente, reduzem demasiadamente a quantidade de luz natural, acarretando um acréscimo significativo no tempo de uso da iluminação artificial, prejudicando a eficiência energética da edificação. No caso inverso, quando os vidros possuem alta transmissão visível, percebe-se que a janela torna-se facilmente uma fonte de ofuscamento, principalmente devido à presença dos computadores nos espaço de trabalho, e a luz natural deixa de ser utilizada pelos usuários.

O acesso à iluminação está limitado à profundidade dos espaços e à localização e configuração das aberturas. A forma da edificação e os elementos que compõem as fachadas assumem, portanto um papel preponderante na melhor distribuição da luz natural e na qualidade da luz que adentra o espaço. Neste sentido a análise das estratégias de projeto através da simulação computacional, colabora de maneira rápida e eficaz na tomada de decisões, e auxilia ao arquiteto quanto às escolhas durante a concepção. A simulação, porém, deve ser elaborada segundo uma metodologia que analise conjuntamente todos os critérios de desempenho relacionados ao conforto do usuário.

1.2 A simulação computacional como ferramenta de análise da eficiência da luz natural

A simulação computacional nos fornece dados qualitativos e quantitativos que permitem avaliar a eficiência de um sistema. O software Radiance (WARD, 1994), é uma ferramenta profissional para simulação de iluminação. Desenvolvido no laboratório Lawrence Berkeley (LBL) com a colaboração da Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), Radiance tem sido utilizado para a modelagem tanto da luz natural quanto da artificial. Originalmente, o software trabalha em ambiente Unix, mas existem atualmente algumas versões para Windows, entre elas o pacote Adeline, comercializado e a versão Desktop Radiance distribuído gratuitamente pelo Laboratório Lawrence Berkeley. A grande vantagem da versão Desktop em comparação à versão original é que utiliza o ambiente gráfico do AUTOCAD, software largamente utilizado nos escritórios de projeto, inclusive no Brasil. Para que esta avaliação seja efetuada de forma confiável é necessário estabelecer os critérios de desempenho a serem avaliados. Sendo assim, tais critérios são definidos nos itens a seguir.

1.3 Critérios de desempenho do sistema de iluminação natural em escritórios

1.3.1 Níveis de Iluminância e Uniformidade

De posse dos valores de iluminância nos pontos simulados na altura do plano de trabalho, a **iluminância média**, definida como E_{med} , pode ser obtida através da fórmula:

$$E_{med} = \frac{\sum_{i=1}^x E_i}{x} \quad [1]$$

A **uniformidade** está relacionada à distribuição da luz no plano de trabalho. As mudanças bruscas na quantidade de luz, na área de trabalho, podem causar distração e confusão, afetando o conforto visual e a percepção, (IESNA, 2000). Segundo CIE (1988, apud PARK, 2003) e CIBSE (1994 apud PARK, 2003), para todo o ambiente, a proporção entre a iluminância mínima e a iluminância média deve ser

maior ou igual a 0.8. Assim sendo, a uniformidade é determinada pela fórmula 2, sendo Emin o ponto da malha com menor valor de iluminância e Emed a iluminância média simulada.

$$U = E_{\min} / E_{\text{med}} \quad [2]$$

1.3.2 Eficiência da Luz Natural

A eficiência da luz natural pode ser analisada através de métodos que demonstram a capacidade da luz natural de iluminar os espaços. O método **Fator de Luz do dia**, ou **Daylight Factor (DF)**, é baseado no trabalho de um grande número de pesquisadores, elaborado ao longo de 70 anos, (ROBBINS, 1986) e é definido como a proporção entre a iluminância interna em uma superfície horizontal (Ei) e a iluminância externa em uma superfície horizontal (Ee), medidas simultaneamente sob condições de céu encoberto. Pode ser expresso através da seguinte equação:

$$DF = (E_i/E_e) \times 100 \quad [3]$$

Apesar de ter sido utilizado durante muitos anos, recentemente esse método tem sido questionado (REINHART, 2002 e NABIL et al, 2006) pelo fato de utilizar apenas o céu encoberto e não retratar a realidade da iluminação natural no ambiente, já que a radiação solar direta exerce forte influência no desempenho da luz natural face ao conforto visual.

Como métodos alternativos ao DF, existem os métodos: **Autonomia da Luz do Dia (Daylight Autonomy-DA)** proposto por REINHART (2002), e a **Iluminância Útil da Luz do Dia (Useful Daylight Illuminance- UDI)**, proposto por Nabil e Mardaljevic (NABIL et al, 2006). O primeiro método baseia-se em simulações dinâmicas do ambiente, que possibilitam, através da engenharia do RADIANCE, modelar a distribuição de iluminância interna sob condições arbitrárias de céu e complexas geometrias do ambiente. Assim, o DA corresponde à percentagem de horas (do ambiente ocupado) em que a iluminância no plano de trabalho atinge um valor previamente estipulado (500 lux) possibilitando uma autonomia da iluminação natural em relação à luz artificial.

O segundo método UDI vem complementar o método DA, já que este último não leva em consideração a possibilidade da utilização conjunta da luz natural e artificial, através da dimerização, quando a iluminância proveniente da luz natural varia de 100 a 500 lux. Além disso, o DA não considera que valores de iluminância muito elevados podem causar desconforto, não sendo, portanto, desejáveis. O UDI corresponde então, à percentagem de horas em um ano em que a iluminância no plano de trabalho atinge um valor dentro de uma variação confortável. Esta variação é definida de 100 a 2000 lux baseada em estudos efetuados relacionados com o conforto humano em espaços iluminados pela luz natural. Abaixo de 100 lux, o nível de iluminância é muito pequeno e insuficiente para contribuir significativamente na redução da iluminação artificial. Acima de 2000 lux a iluminância é muito alta, podendo produzir desconforto térmico, visual ou ambos (NABIL et al, 2006).

1.3.3 Ofuscamento devido à luz natural

Embora correntemente usado, pesquisas atuais têm demonstrado que a aplicação do Índice de Ofuscamento da Luz do Dia (Daylight glare Index-DGI) pode chegar a resultados insatisfatórios, e a percepção de ofuscamento pelo usuário tem sido menor em condições de céu real, do que a estimada pelos cálculos (OSTERHAUS, 2005; VELDS, 2002). Segundo o estudo de Moeck's (1998 apud PARK, 2003) na ausência de índices confiáveis, uma alternativa para a análise do ofuscamento devido à presença da janela deve-se considerar a luminância média da janela ao invés da utilização do DGI. O valor de 850 cd/m², proposto pelo IESNA (2000) como valor máximo da luminância de uma superfície no campo visual é então adotado como o limite máximo de luminância da janela.

O software Desktop Radiance permite obter imagens, onde é possível analisar o nível de luminância das janelas. O programa possibilita obter uma gradação de luminâncias para todo o ambiente, em Nits (cd/m²), onde é possível se identificar fontes de luminância além de 850 cd/m².

2 OBJETIVO

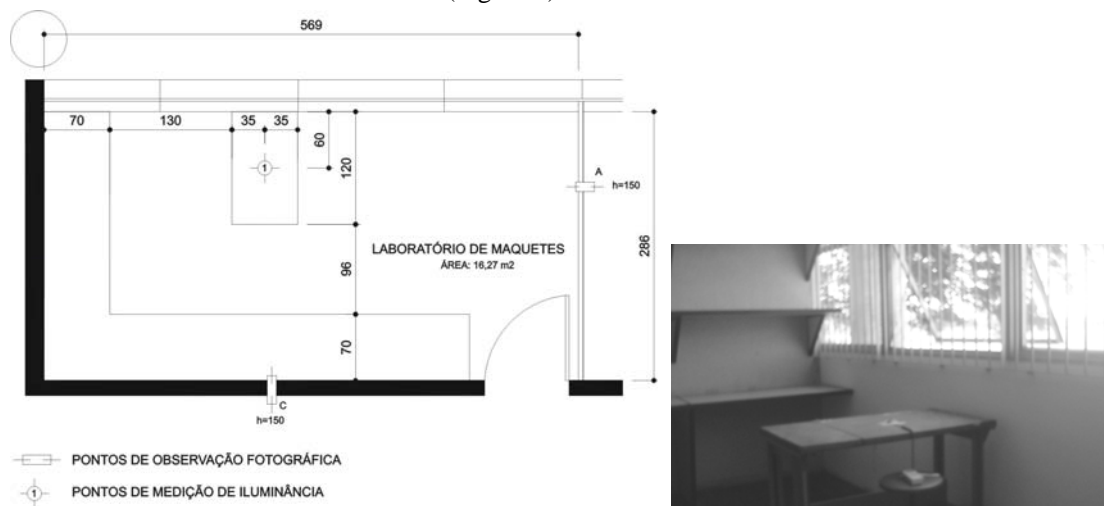
O objetivo deste trabalho é analisar as inter-relações entre o projeto de iluminação natural e a qualidade dos espaços administrativos de escritórios, no que diz respeito ao comportamento da luz natural e conforto visual, apresentando uma metodologia de análise do desempenho da luz natural através da simulação computacional.

3 METODOLOGIA

Um escritório hipotético de planta livre foi construído virtualmente no Software Autocad e simulado no Software Desktop Radiance. Algumas variações nos elementos de fachada e a inserção de edifícios no entorno próximo foram propostos. As simulações foram realizadas para a cidade do Rio de Janeiro. Para cada variação foram simulados os valores de iluminância nos pontos de uma malha considerada na altura do plano de trabalho (75cm). Foram considerados os horários de 8:00, 10:00, 12:00 e 16:00, no solstício de verão (22 dezembro), solstício de inverno (22 de junho) e equinócio (22 de março). As simulações foram realizadas para a condição de céu claro, intermediário e encoberto, totalizando 36 simulações para cada variante. Segundo trabalho desenvolvido por CASTRO (2005), o céu intermediário é predominante no Rio de Janeiro e como tal este tipo de céu foi escolhido para análise de ofuscamento devido às janelas e uniformidade da iluminância. Os valores de iluminância obtidos foram tabulados em planilhas, onde foi possível obter os índices UDI dos pontos simulados, permitindo assim uma análise do desempenho da fachada na distribuição da luz natural ao longo do pavimento. Os valores de luminância das janelas foram obtidos para todas as variações e horários simulados permitindo uma análise do ofuscamento causado pela janela em cada situação.

3.1 Calibração do software Desktop Radiance para a cidade do Rio de Janeiro

Uma vez que o Desktop Radiance trabalha com condições de céu padrão CIE, é importante, antes de se iniciar qualquer simulação, calibrar o software para o uso no local que se deseja simular, a fim de se obter resultados mais próximos da condição real. A metodologia de calibração foi desenvolvida no trabalho de SANTOS (2007) e consiste em escolher um ambiente real e reproduzi-lo virtualmente no software Autocad, a fim de comparar os dados de iluminância obtidos no ambiente real e no modelo virtual. O ambiente escolhido para reprodução foi o mesmo utilizado no estudo de Rocha et al (2006): Sala de maquetes do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. (Figura 1)



As medições no ambiente real e as simulações pelo software Desktop Radiance foram realizadas no dia 10 de março de 2005 (10:00 as 17:00) para condição de céu claro. O valor do fator de turbidez de linke foi obtido de mapas providos pelo sítio www.helioclim.net/linke. O valor do *Ambient Bounces* necessário nos dados de entrada das simulações foi selecionado de modo que os valores de iluminâncias encontrados nas simulações se aproximassem dos valores medidos no ambiente real. Com esse ajuste, os valores encontrados no modelo virtual aproximam-se do ambiente real, apontando uma diferença máxima de 12,05% no horário das 13:00 h. O valor ajustado do *Ambiente Bounces* foi então selecionado para as demais simulações. (Figura 2).

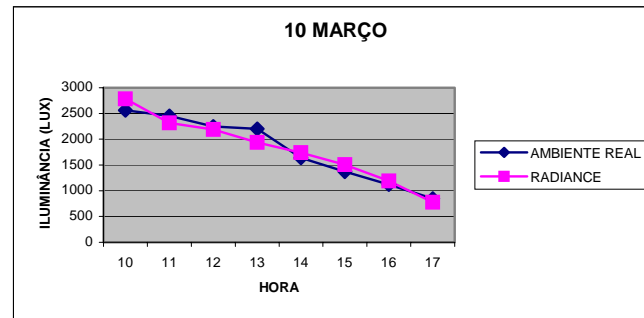


Figura 2- Gráfico comparativo dos valores de iluminância obtidos no ambiente real e valores de iluminância obtidos no ambiente virtual.

3.2 Caracterização do modelo simulado: ESCRITÓRIO VIRTUAL DE PLANTA LIVRE

O modelo construído consiste em um escritório hipotético de planta livre. O edifício possui uma planta retangular com área total de 1287,00 m², percentual de abertura nas janelas de 64% e fachadas envidraçadas com orientação norte e sul (Figura 3 e 4). O edifício possui quatro pavimentos, totalizando altura de 14 metros e as simulações foram realizadas no primeiro pavimento.

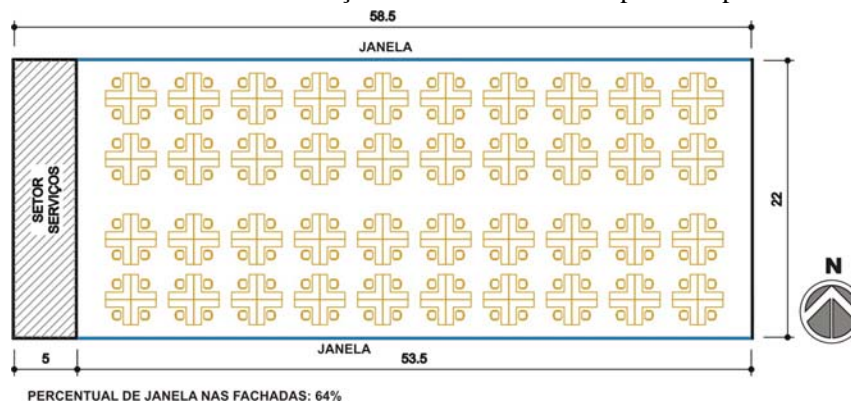


Figura 3 - Planta baixa MODELO VIRTUAL de escritório com layout

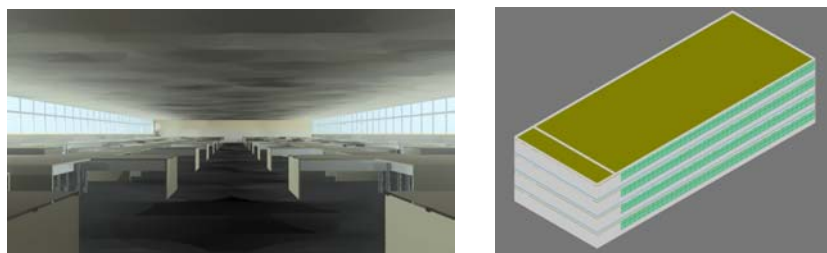


Figura 4 – Vista interna (esquerda) e vista externa (direita) do MODELO VIRTUAL

Ao modelo foram introduzidas variações nos elementos de fachada, tais como transmissão visível dos vidros, elementos de proteção solar e elementos sombreadores distantes. As variações 1 e 2 consistem

em alterações na transmissão visível do vidro. Nas variações 3 e 4 foram introduzidos elementos sombreadores nas fachadas. A variação 5 consiste nas mesmas condições de fachada da variação 3, com inserções de edificações no entorno de mesma altura do modelo simulado, afastadas cerca de 20 metros em relação ao mesmo (Figura 5).

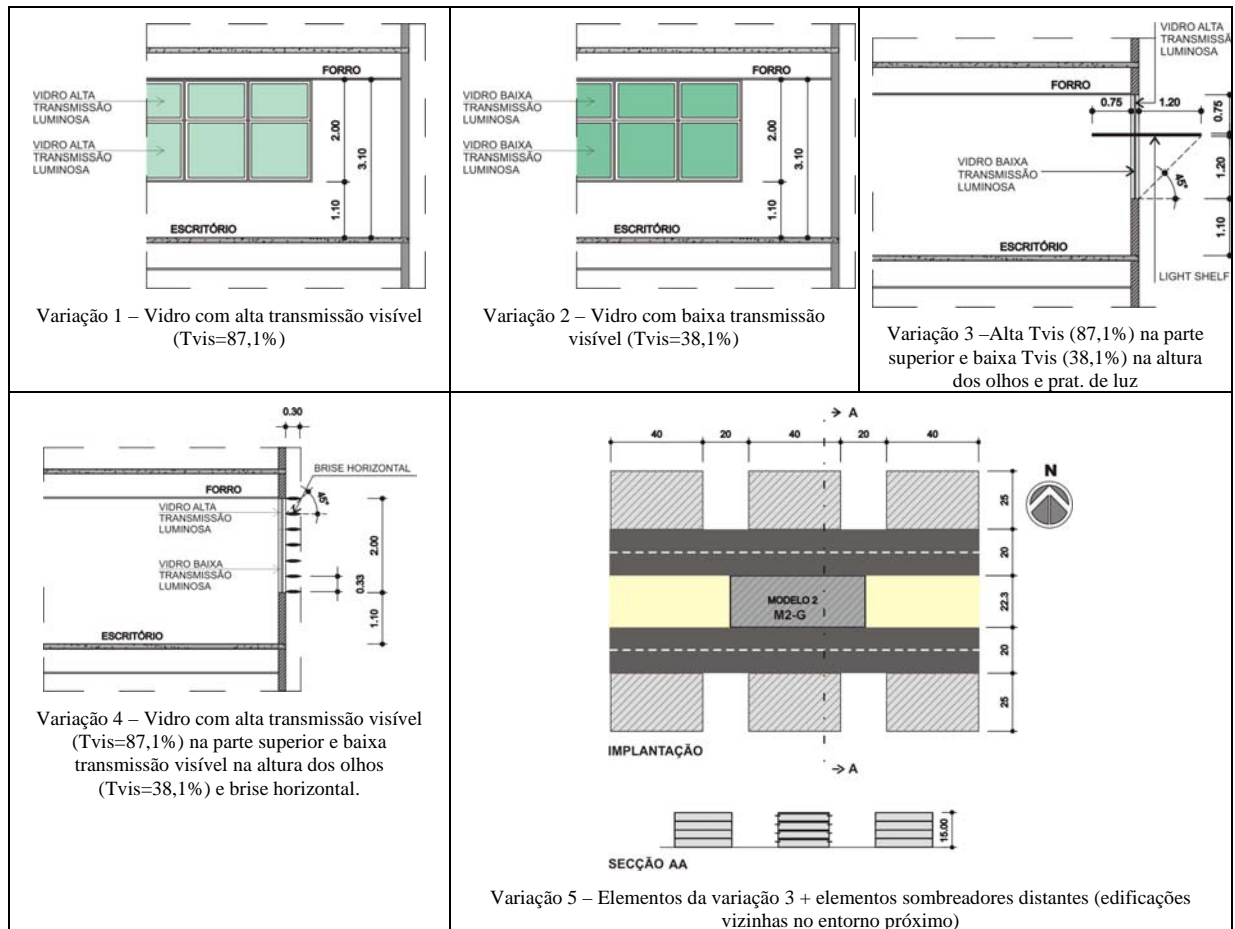


Figura 5 - Variações dos elementos de fachada e elementos distantes simulados.

A partir dos valores de iluminância obtidos nas simulações, foram definidos índices UDI para pontos situados no eixo norte sul (coluna H) (Figura 6), com o intuito de avaliar a variação de UDI ao longo do pavimento e observar seu comportamento à medida que se afasta ou se aproxima das janelas.

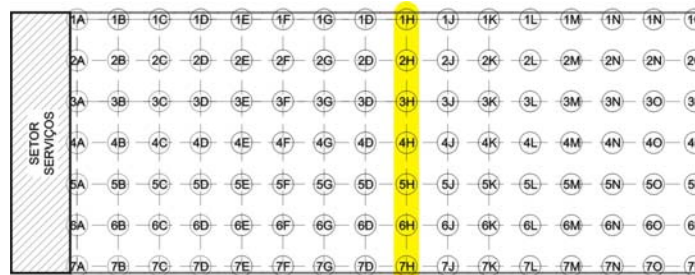


Figura 6 - Eixo para obtenção de UDI no Modelo VIRTUAL : Coluna H (centro das fachadas Norte e Sul)

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Eficiência da Luz natural

4.1.1 *Análise da influência da transmissão visível do vidro e presença de elemento de proteção solar.*

Ao analisar os índices UDI dos pontos simulados percebe-se que a escolha do vidro de **alta transmissão visível** para todas as fachadas, provocou excesso de iluminância (valores acima de 2000 lux) nas áreas próximas às janelas, onde o índice de iluminância útil da luz natural (UDI) foi demasiadamente reduzido, chegando a valores próximos de 20% na fachada norte para condição de céu intermediário e 5% para condição de céu claro. A consequência desse excesso de iluminância próximo às janelas do pavimento será a utilização constante, em grande parte do horário de ocupação da edificação, de elementos de controle internos, como persianas, por exemplo, impossibilitando o uso da luz natural em todo o pavimento.

A utilização de vidro com **baixa transmissão visível** em ambas as fachadas fez com que a iluminância nos pontos próximos às janelas variassem dentro da faixa aceitável para conforto (100 a 2000 lux), ocasionando um aumento no índice UDI. Porém, a redução demasiada da transmissão visível do vidro fez com zonas mais afastadas das janelas apresentassem uma iluminação natural insuficiente na condição de céu intermediário, diminuindo consideravelmente o UDI no interior do pavimento, como é possível se observar na Figura 7- coluna esquerda, onde o ponto 4H (11 metros da fachada norte) localizado na linha central do pavimento teve o UDI reduzido para 0% na condição de céu intermediário. Isso significa que a iluminação natural não será suficiente, requerendo a utilização da luz artificial durante todo o dia.

A utilização **do vidro com baixa transmissão visível na parte inferior das janelas e alta transmissão visível na parte superior das janelas, juntamente com a prateleira de luz**, promoveu um maior equilíbrio entre a iluminância das áreas próximas às janelas e a iluminância das áreas mais internas. Na fachada norte, áreas próximas das janelas tiveram o UDI aumentado quando comparadas à situação de vidros com alta transmissão. Áreas próximas ao centro tiveram o UDI aumentado quando comparados com a opção de vidros com baixa transmissão visível. Já na fachada sul isto não ocorreu, podendo-se concluir que a utilização da prateleira de luz, na fachada sul, não foi tão eficiente como na fachada norte.

A utilização **do vidro com baixa transmissão visível na parte inferior das janelas e alta transmissão visível na parte superior das janelas, juntamente com os brises horizontais**, resultou num desempenho semelhante à prateleira de luz. Apenas no ponto central o desempenho apresentou-se menor. Na fachada sul, observa-se que os elementos de proteção não contribuem para a eficiência da luz natural. Todas as simulações realizadas com elementos de proteção na fachada sul, apresentaram resultados de desempenho aquém daqueles de uma fachada desprovida de elementos de proteção. Isso corrobora com as afirmações de que a fachada sul não necessita de elementos fixos de proteção solar, nas latitudes próximas às do Rio de Janeiro. Ou seja, os elementos devem ser móveis para não prejudicar a utilização da luz natural nesta fachada. Portanto, a preocupação com esta fachada se limita à escolha da transmissão visível dos vidros, para que não haja ofuscamento.

4.1.2 *Análise da influência de elementos sombreadores distantes*

A fim de analisar a influência da presença de um elemento sombreador no entorno da edificação, com relação ao desempenho da luz natural, foi simulado uma variação do modelo com prateleira de luz onde alguns edifícios de mesma altura foram implantados à frente das fachadas Norte e Sul, e a uma distância de 20 metros, conforme anteriormente indicado na Figura 5. Foi adotada uma refletância de 47% para o elemento sombreador distante.

A presença do elemento sombreador distante implicou em uma grande redução dos índices de iluminância útil nesta variação conforme se pode observar na Figura 7, principalmente para locais mais afastados das janelas onde houve considerável redução no UDI para todas as condições de céu. Isto confirma que a escolha da transmissão visível do vidro, bem como a utilização de elementos de proteção solar, deve ser analisada não só em função da geometria e orientação da edificação, mas também em função da presença do entorno construído.

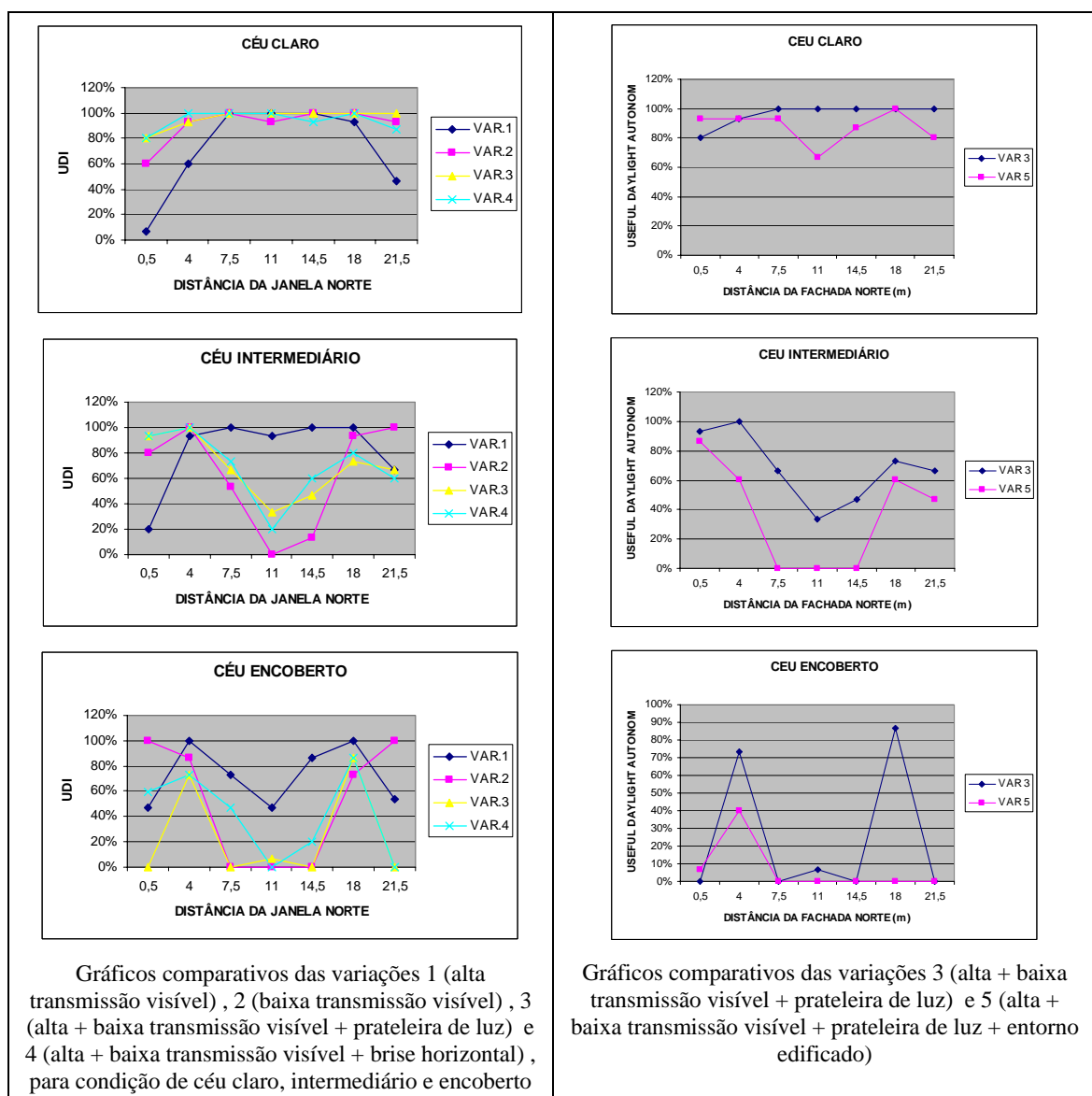


Figura 7- Valores UDI obtidos, no MODELO VIRTUAL, nas variações propostas.

4.2 Ofuscamento

A análise do ofuscamento revela que o elemento da fachada que exerce forte influência no brilho da janela é a transmissão visível do vidro. O vidro com transmissão visível de 87,1% apresentou luminância superior à proposta pelo IESNA (acima de 850 cd/m²), conforme Figura 8. O vidro com transmitância visível de 38,1% apresentou luminância satisfatória. Isso acontece inclusive com a presença dos elementos de proteção solar (prateleira de luz e brises). A situação de utilização conjunta de vidros de alta e baixa transmissão visível para evitar ofuscamento na altura dos olhos é, portanto, uma estratégia muito interessante, mesmo quando há utilização de elementos de proteção solar, como prateleiras ou brises horizontais. É possível perceber também, na variação 5, que a presença dos elementos sombreadores distantes (edifícios vizinhos) também colaboram para a redução do brilho das janelas, nos trechos em que tais edifícios impedem a visão da abóbada celeste pelos usuários dos escritórios, permitindo nestes casos, a utilização de vidros com transmissão visível maior.

4.3 Uniformidade

Na análise das simulações constatou-se que é extremamente difícil alcançar o índice recomendado para que o ambiente seja considerado uniforme (0.8) apenas com a utilização da iluminação natural lateral, em escritórios de planta livre. Isso se deve à grande extensão do ambiente analisado, havendo necessidade de uma complementação com iluminação artificial para o balanceamento da iluminância em pontos menos iluminados. O gráfico com a análise da uniformidade (Figura 9) revela que os elementos de proteção solar utilizados (brises e prateleiras de luz) contribuem para uma maior uniformidade da luz natural no ambiente.

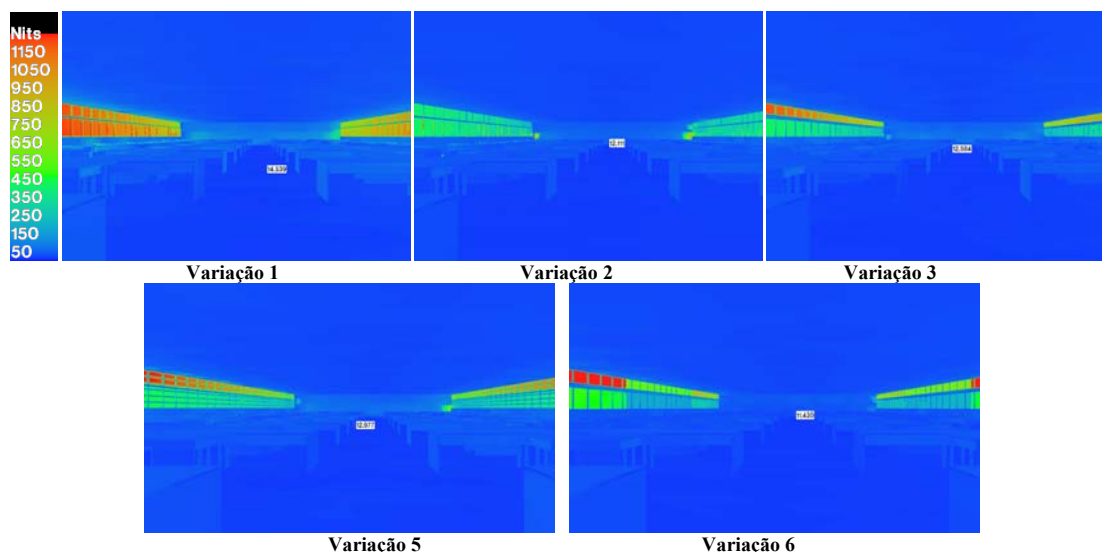


Figura 8 – Análise dos níveis de luminância das janelas em Nits (cd/m^2). Solstício de verão – 22 de dezembro, fator de turbidez de linke: 3.9, 10:00h, condição de céu intermediário.

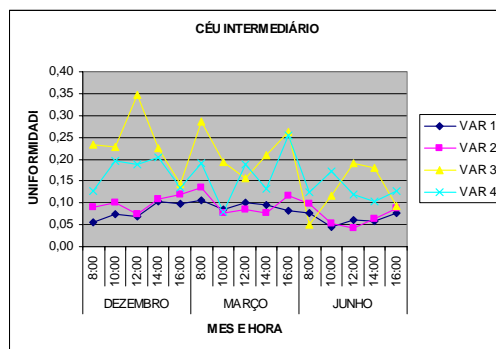


Figura 9 – Gráfico representativo dos níveis de uniformidade das variações simuladas. Céu intermediário

5 CONCLUSÕES

A metodologia apresentada mostrou-se eficiente para uma análise comparativa do desempenho de alguns sistemas de fachada em relação à distribuição da luz natural ao longo do pavimento e ao conforto visual do usuário. Neste sentido o método UDI proposto por Nabil e Mardaljevic (NABIL et al, 2006) colabora para a compreensão do comportamento da luz natural ao longo do ano, levando em consideração a presença da radiação direta e a orientação da fachada. Tais fatores certamente interferem no desempenho do sistema de iluminação e no conforto visual do usuário.

O trabalho revela a baixa eficiência das alternativas de fachada largamente utilizada na arquitetura dos edifícios de escritórios de grandes dimensões atualmente: grandes áreas envidraçadas, sem elementos de proteção solar e vidros de baixa transmissão luminosa. As simulações revelam que em pavimentos muito extensos, a utilização de vidros com baixa transmissão visível, prejudica a utilização da luz natural no interior do pavimento, aumentando consequentemente o tempo de utilização do sistema de

iluminação artificial. Por outro lado, as simulações dos sistemas de fachada que utilizam duplamente os vidros de alta e baixa transmissão visível – com vidros de baixa transmissão visível na altura dos olhos do usuário e alta transmissão visível na parte superior das janelas - aliados à presença de elementos de proteção solar externos (brises ou prateleiras de luz), colaboram para uma melhor distribuição da luz natural no interior do pavimento, sem com isso prejudicar o conforto visual do usuário.

O trabalho revela também que a presença de entorno edificado ao redor da edificação analisada possui grande impacto no comportamento da luz natural no interior do pavimento, e certamente deve ser levada em consideração no momento da escolha dos elementos que compõem a fachada, como a quantidade e a transmissão visível do vidro e o tipo de elemento sombreador. As simulações revelam que a presença do entorno edificado, permite, em algumas situações, a utilização de vidros com transmissão visível mais elevada, sem prejuízos no conforto visual do usuário, uma vez que os edifícios do entorno obstruem, em certos casos, a visão da abóbada celeste muito brilhante.

6 REFERÊNCIAS

CASTRO, Eduardo B. P. **Método de auxílio à concepção arquitetônica baseado na análise multicritério e em dados simulados dos comportamentos da edificação**. Tese de doutorado (Engenharia Mecânica). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

ILUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **Lighting Design Handbook**. 9ª edição. New York: IESNA, 2000.

NABIL, Azza; MARDALJEVIC, John; **Useful Daylight Illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings 38, 2006, pp 905-913.

PARK, Cheol-Soo; AUGENBROE, Godfried; MESSADI Tahar. **Daylighting optimization in smart façade systems**. Eighth International IBPSA Conference, 2003.

OSTERHAUS, Werner K. E; **Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments**. Solar Energy vol. 79 . pp. 140-158, 2005. Elsevier Science Ltd. Grã Bretanha, 2005

REINHART, C.F. **Effects of interior design on the daylight availability in open plan offices**. Conference Proceedings of the ACEEE Summer Study on Energy Efficient Buildings, 2002, pp.1-12.

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

ROCHA, Eunice B; SANTOS, Cynthia M. L; COSTA, Tereza M. F; FARACO, Raquel. **Desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de confecção de modelos físicos para predição e avaliação da iluminação natural**. ENTAC 2006. Florianópolis. 2006

SANTOS, Cynthia Marconsini L. **O Projeto de iluminação para iluminação natural. Influência das variáveis arquitetônicas no comportamento da luz natural e conforto visual**. Dissertação de Mestrado. PROARQ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007

VELDS, Martine. **User acceptance studies to evaluate discomfort glare in daylit rooms**. Solar Energy vol. 73 n°2 . pp. 95-103, 2002. Elsevier Science Ltd. Grã Bretanha, 2002.

WARD, G. **The Radiance lighting simulation and rendering system**. COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series, pp. 459-472. 1994.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à bolsa de mestrado concedida pela Eletrobrás- Procel Edifica, Convenio ECV 948/2003 Eletrobrás/UFRJ, que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.