

DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIO PÚBLICO DE ESCRITÓRIOS EM BRASÍLIA – ANÁLISE A PARTIR DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

LIMA, Thais Borges Sanches (1); AMORIM, Cláudia, Naves David (2).

UnB – Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte. Brasília – DF. Tel: (+55) (61) 3307-2995

(1) thaisbslima@gmail.com (2) clamorim@unb.br

RESUMO

Os edifícios de escritórios atuais têm se caracterizado pelo uso excessivo de vidro nas fachadas, o que gera uma alta concentração de carga térmica nos ambientes e o uso de sistemas de condicionamento e iluminação artificiais durante todo o dia. No Brasil, o consumo de energia elétrica em edifícios de escritórios fica em torno de 24% para iluminação artificial e 48% para ar condicionado. Tais valores podem ser reduzidos se forem utilizados elementos que possibilitem o uso de meios passivos de iluminação e ventilação, ou que permitam o controle mais efetivo da carga térmica incidente, minimizando o consumo de energia e melhorando o conforto térmico. Este trabalho visa avaliar as condições de conforto térmico e luminoso de um edifício público de escritórios, situado em Brasília, através de simulação computacional. O programa utilizado, ECOTECT, é um aplicativo de avaliação do desempenho ambiental que integra recursos para análise térmica, lumínica e acústica e fornece, através de gráficos, dados quantitativos de temperatura, ganhos de calor internos e consumo energético. O trabalho foi desenvolvido em três etapas principais: levantamento dos dados do edifício; simulação da situação existente e proposta; e análise dos resultados. Dessa forma, foi possível desenvolver um diagnóstico considerando o conforto térmico e luminoso e propor diretrizes de projeto mais eficientes, diminuindo o consumo de energia.

ABSTRACT

Most of the actual office buildings are characterized for glazing use in the façades, which causes high solar thermal loads and consequently air-conditioning and artificial lighting during all day. In Brazil, energy consumption in office buildings is around 24% for artificial lighting and 48% for air-conditioning. Such values can be reduced by the use of elements that make possible the effective control of lighting and ventilation, or most effective control of the incident solar thermal load, minimizing energy consumption and improving thermal comfort. This work aims to evaluate the conditions of thermal and luminous comfort of a public office building in Brasilia, through the use of computer simulation. The used software, ECOTECT, is able to evaluate integrated environmental comfort (thermal, acoustics and lighting analysis). It produces quantitative data of temperature, internal heat gains and energy consumption. The work was developed in three main stages: survey of the building data; simulation of existent e proposed situation; and analysis of the results. Of this way, it was possible to develop a diagnosis considering thermal and luminous comfort and to suggest guidelines for more efficient design, decreasing energy consumption.

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual, modernos escritórios são construídos para depender de iluminação artificial, condicionamento de ar e sofisticados sistemas de controle automáticos, o que consome mais energia, pois não há uma conjugação dos componentes da fachada e cobertura com o clima local.

É o caso da tipologia construtiva que segue o padrão internacional, com fachadas totalmente envidraçadas, muitas vezes sem nenhuma proteção contra a alta incidência de radiação solar direta. Essas características, na maioria das vezes, satisfazem às necessidades estéticas do mercado, mas estão afastadas da melhor solução com relação ao conforto ambiental, tanto térmico quanto luminoso. Um alto percentual de área de janela em relação à fachada permite altos ganhos de calor e alta incidência de radiação solar direta para o interior dos ambientes, aumentando os custos com condicionamento de ar e sistemas de iluminação artificial.

A otimização do consumo de energia em edificações tem se caracterizado pelo desenvolvimento de projetos e componentes arquitetônicos que utilizem racionalmente a luz natural (AMORIM, 2004). Sua aplicação melhora a qualidade da iluminação, o conforto dos ocupantes e reduz a demanda de energia com resfriamento e iluminação artificial. Isto acontece principalmente em edifícios de escritórios, onde existem necessidades específicas relacionadas à produtividade e ao conforto visual para a realização das tarefas.

Dos 42% da energia elétrica consumida no Brasil, 23% é utilizado no setor residencial, 11% no comercial e 8% no setor público, sendo que nos edifícios comerciais, o consumo por uso final da energia é de 24% para iluminação artificial e 48% para ar condicionado, valores que devem ser considerados já que estes setores concentram parte significativa da atuação do projetista para aumentar a eficiência energética nas edificações (LAMBERTS, 2004).

Segundo DOE (2006a), o uso de sistemas mais eficientes de iluminação artificial e natural, sistemas avançados de janelas, telhados, isolamento e ventilação podem reduzir em cerca de 50% os custos com energia em projetos de novos edifícios de escritórios. Em edifícios existentes, técnicas de *retrofit* utilizando tecnologia mais eficiente podem reduzir os custos em 30%.

Outra característica fundamental para o estudo dos edifícios de escritórios reside no fato de que, segundo descrito por diversos autores (FICHER, 1982; CARPINTERO, 1998; MACIEL, 2003), os projetos de edifícios de escritórios em Brasília, desde sua concepção, evidenciaram uma preocupação maior com os aspectos estéticos formais sobre os aspectos funcionais e de adequação climática.

Desse modo, este trabalho visa avaliar as condições de conforto térmico e luminoso de um edifício público de escritórios, situado em Brasília, com uso de simulação computacional.

Com o advento das tecnologias computacionais, foi possível desenvolver modelos físicos que representassem o comportamento térmico e energético de edificações, permitindo a simulação de diferentes alternativas de projeto e conjugando um número maior de variáveis, o que não seria possível com os meios tradicionais de avaliação.

Atualmente, existe uma gama enorme de programas para a simulação do desempenho de edifícios que permitem estimar as condições de conforto, seu consumo energético, custo e o impacto das soluções adotadas no conforto ambiental.

Dentre os programas existentes a nível mundial, cerca de 300 estão listados no *Building Energy Tools Directory*, do Departamento de Energia Americano (DOE, 2006b). Pode-se citar ainda vários programas desenvolvidos no Brasil, que não fazem parte desta lista, sendo que alguns deles encontram-se no *site* do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina¹.

Através dessas ferramentas, é possível testar uma série de parâmetros ainda na fase de concepção da proposta projetual de forma a melhor analisar a influência das variáveis no desempenho ambiental da edificação e assim adotar a solução mais adequada do ponto de vista quantitativo e qualitativo (LIMA, 2003).

¹ www.labeee.ufsc.br

Nesse trabalho, será utilizado o software ECOTECT, aplicativo de avaliação do desempenho ambiental, que possui ferramentas para análise térmica, acústica e de iluminação. É um programa de fácil aprendizado, possui recursos de modelagem e definição dos atributos dos materiais através de suas propriedades físicas.

2. CLIMA DE BRASÍLIA

A avaliação do desempenho energético de edificações requer o estudo de diversas variáveis que vão determinar o comportamento do edifício frente às questões de conforto, das quais podemos destacar as condicionantes climáticas locais, a tipologia da edificação, tamanho, orientação e posicionamento das aberturas e tipo de vidro utilizado.

Com relação às condicionantes climáticas, Brasília está localizada na latitude 15°52 Sul e possui clima denominado Tropical de Altitude, caracterizado por duas estações distintas, quente úmida durante o verão e a seca no inverno. A cidade é considerada um dos climas com mais horas de conforto no ano, sendo que nas horas com problemas de desconforto, o frio é mais problemático (Lamberts, 2004). No entanto, estas horas de frio ocorrem quase sempre durante a noite/madrugada, o que não é importante no caso de edifícios de escritórios, que geralmente funcionam em horário comercial, período onde a maior preocupação se refere aos ganhos de calor.

Como principais estratégias para atingir o condicionamento térmico passivo, podemos destacar: o uso de resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva no verão; e aquecimento solar e vedações internas pesadas no inverno. Tais parâmetros foram desenvolvidos para habitações unifamiliares situadas na zona bioclimática 4 (caso de Brasília), definida pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), mas podem ser consideradas para outras tipologias de edifícios.

3. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O Complexo do Superior Tribunal de Justiça – STJ, em Brasília, é formado por três edificações de escritórios, um edifício de plenários, um edifício para o Tribunal Pleno e um auditório.

O edifício analisado, chamado Ministros I (figura 1), é caracterizado pelo uso do concreto e vidro, possui 9 pavimentos de escritórios e planta retangular. A fachada principal possui orientação Sudoeste (198°), brises mistos de concreto e fechamento em vidro fumê; a fachada posterior é orientada para Nordeste (18°), possui brises verticais móveis e fechamento em vidro fumê.

Os maiores problemas, segundo os usuários, se referem à alta incidência de radiação solar direta, gerando ofuscamento nas estações de trabalho; a falta de visibilidade para o exterior na fachada com os brises verticais; e a necessidade constante do uso de iluminação artificial e condicionamento de ar.



Figura 1: Vista da fachada principal do Edifício Ministros I - STJ

4. METODOLOGIA

4.1 Levantamento dos Dados do Edifício

A primeira etapa do trabalho consistiu do levantamento das características da edificação necessárias para a modelagem do edifício e conseqüente análise da incidência solar e conforto térmico. Para isso, foram levantadas as dimensões do edifício e dos ambientes analisados, bem como sua orientação, especificação dos materiais aplicados, os elementos sombreadores, as cargas internas e o padrão de uso. Tais informações se configuram como dados de entrada para o programa de simulação escolhido.

4.2 Simulação Computacional

Com o *software* ECOTECT, foram desenvolvidas as simulações da situação atual e de propostas para melhorias das condições de conforto térmico e luminoso. Para tal, o programa disponibiliza a visualização do nível de iluminação através de um *grid* de pontos e gráficos de temperaturas e ganhos de calor do ambiente.

4.3 Análise dos Resultados

Através dos gráficos e imagens disponibilizados pelo programa, foi possível fazer um estudo comparativo entre a situação original e as alternativas de solução de forma a avaliar qual seria mais eficiente, considerando as questões relacionadas ao nível de iluminação necessário, aos ganhos de calor e à eficiência energética.

5. RESULTADOS E PROPOSTAS

5.1 Diagnóstico da Situação Existente

Inicialmente, foi desenvolvido um estudo do sombreamento para as duas fachadas, onde foi verificada a incidência da radiação solar direta em alguns horários e épocas do ano, sendo necessário uma nova configuração de elementos de controle para evitar essa incidência e conseqüentemente diminuir o ganho térmico.

Para a fachada posterior, nordeste (18°), foi observado, através de visita ao local, que os brises verticais móveis existentes ficavam na maior parte do dia fechados. Isso ocorre em parte por conta do fluxo de ventilação que impede o posicionamento dos brises na posição perpendicular à fachada.

Para esta fachada não foram feitas simulações, pois a mesma caracteriza somente espaços de circulação do edifício.

A fachada principal, sudoeste (198°), é a que apresenta maiores problemas relacionados com a iluminação devido ao alto percentual de vidro exposto na fachada, que aumenta muito a carga térmica nos ambientes e favorece o ofuscamento.

Através das simulações foi possível verificar as condições de iluminação e conforto térmico no ambiente. O Ecotect fornece um diagrama dos níveis de iluminação através de uma gradação de cores, onde pode-se verificar os dados quantitativos e a distribuição da iluminação (figura 2). No gráfico 1 é possível visualizar as temperaturas para o dia 22 de dezembro.

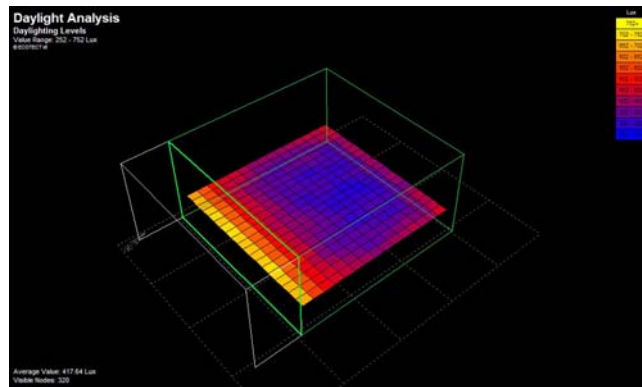
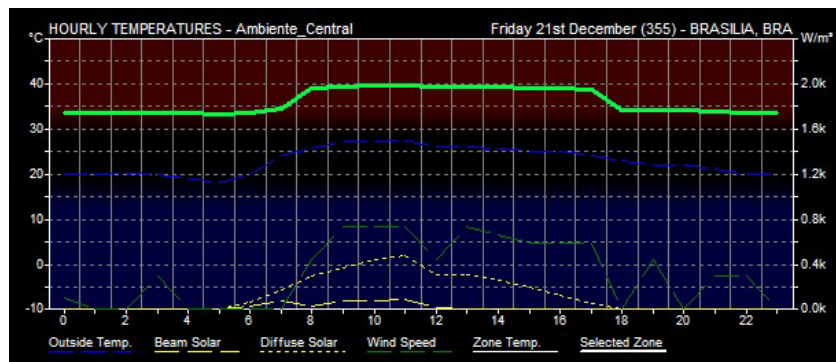


Figura 2 – Simulação da iluminação em sala tipo, fachada sudoeste

Gráfico 1 – Temperaturas em sala tipo, fachada sudoeste, 22 de dezembro



5.2 Propostas de Diretrizes de Projeto

Com o objetivo de avaliar as diversas possibilidades para melhoria e aproveitamento da iluminação natural nos edifícios, foram elaboradas algumas propostas de elementos de controle solar e alternativas para substituição do vidro existente.

A primeira proposta para a fachada analisada foi a colocação de brises verticais fixos em toda a extensão de forma a diminuir a incidência da radiação solar direta no período de verão. Esta proposta possibilitou um sombreamento total da fachada, porém não ajudou na melhor distribuição do nível de iluminação, conforme requerido.

A segunda proposta foi o uso combinado de brises verticais fixos e prateleira de luz que se mostrou adequado para esta fachada. Permitiu um sombreamento total até a altura de 2.10 m, e um aproveitamento da radiação para iluminar as áreas do ambiente situadas na região oposta à fachada. Dessa forma, diminui-se a carga térmica, o ofuscamento e melhora-se a distribuição luminosa, aumentando a uniformidade (figura 3).

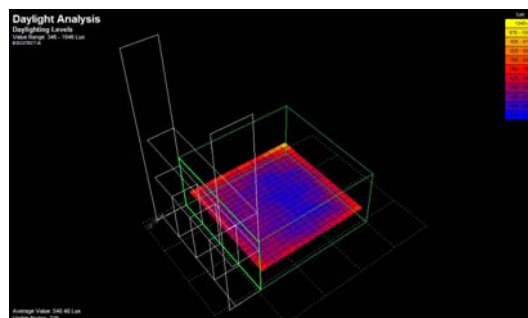
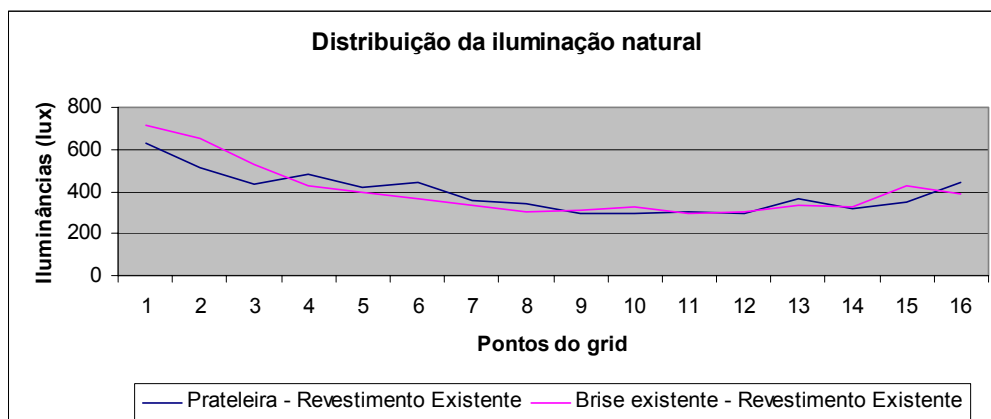


Figura 3 – Simulação da iluminação em sala tipo, fachada sudoeste

O gráfico 2 demonstra uma maior uniformidade na iluminação com o uso da prateleira de luz, apesar do programa não considerar a influência da radiação direta no nível luminoso.

Devido a isso, o gráfico não retrata por completo o efeito da prateleira no resultado final da iluminação para o ambiente.

Gráfico 2 – Estudo comparativo do nível de iluminação para as duas situações



Obs. Cada ponto do *grid* equivale a 0,4575 m

Como tentativa para melhorar o nível luminoso do ambiente, optou-se por estudar a possibilidade de modificação do tipo de vidro usado. Atualmente, toda a fachada possui fechamento em vidro fumê.

Para avaliar os efeitos dessa modificação, foram feitas simulações com a utilização do vidro incolor e do vidro verde (figura 4).

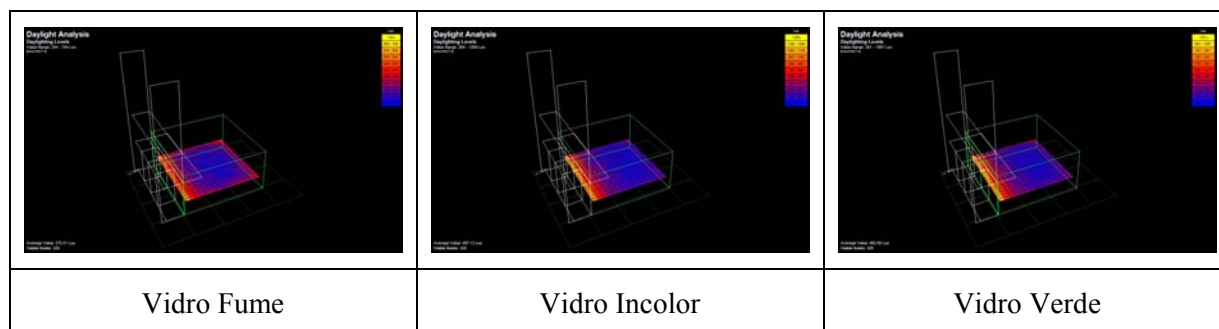
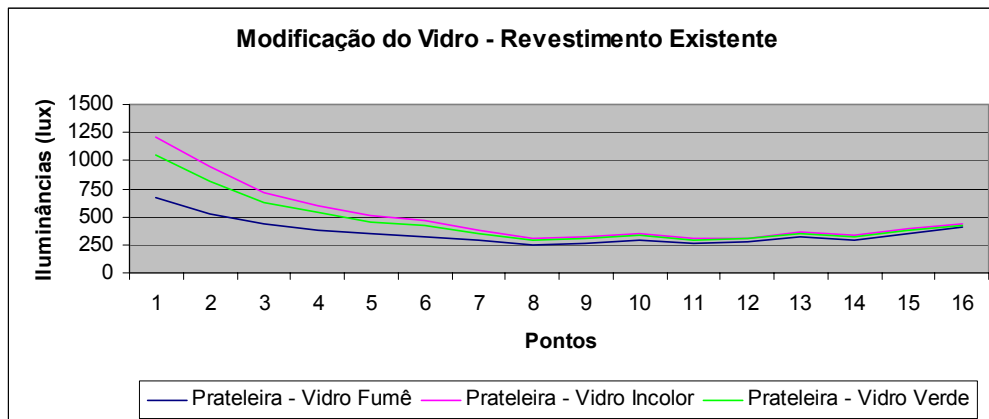


Figura 4 – Simulação da iluminação com modificação do tipo de vidro na fachada.

Como pode se observar no gráfico 3 a seguir, foi possível avaliar a contribuição do tipo de vidro no nível de iluminação do ambiente. Em todas as situações, considerando somente a radiação difusa, os pontos mais próximos à janela possuem um nível luminoso maior do que nos pontos mais afastados a ela.

Para a escolha do tipo de vidro a ser utilizado, foi considerado também a influência na redução da carga térmica. Dessa forma, foi escolhido o vidro verde, pois além de possibilitar uma boa luminosidade, reduz a carga térmica devido às suas características físicas.

Gráfico 3 – Estudo comparativo do nível de iluminação para a modificação no tipo de vidro da fachada



Com base nos resultados das simulações foram gerados gráficos para análise da iluminação resultante e avaliação de quais períodos a iluminação estaria abaixo de 500 lux, valor estabelecido pela norma NBR 5413, para escritórios (gráficos 4, 5 e 6). De posse dessa análise é possível avaliar quais horários seriam necessários o uso de iluminação artificial complementar.

Para os Equinócios, será necessário uso de iluminação artificial durante o período das 8:00 às 10:00 horas. Para o inverno, será necessário uso de iluminação artificial durante o período das 8:00 às 14:00 horas. Para o verão, será necessário uso de iluminação artificial durante o todo o dia.

Gráfico 4.0 – Nível de iluminação para os equinócios

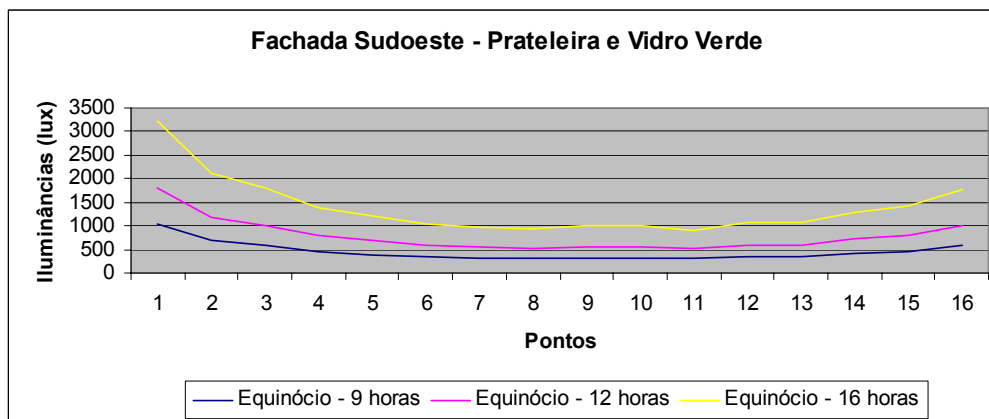


Gráfico 5.0 – Nível de iluminação para o solstício de inverno

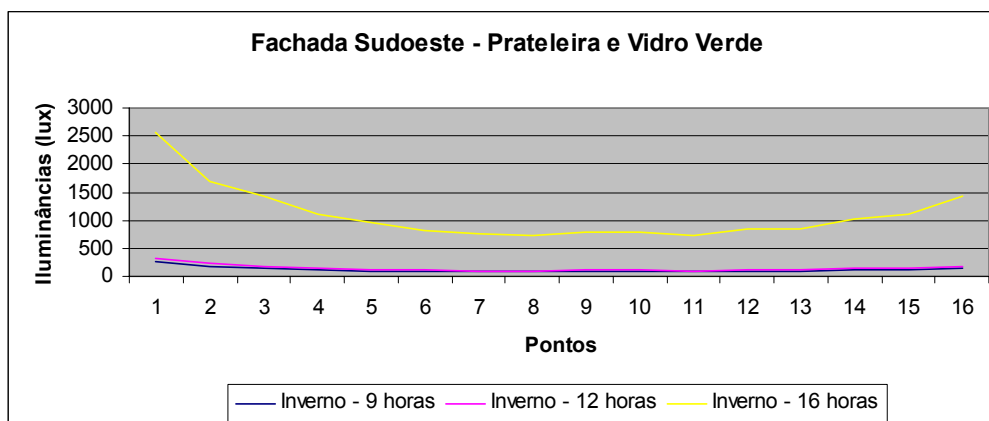
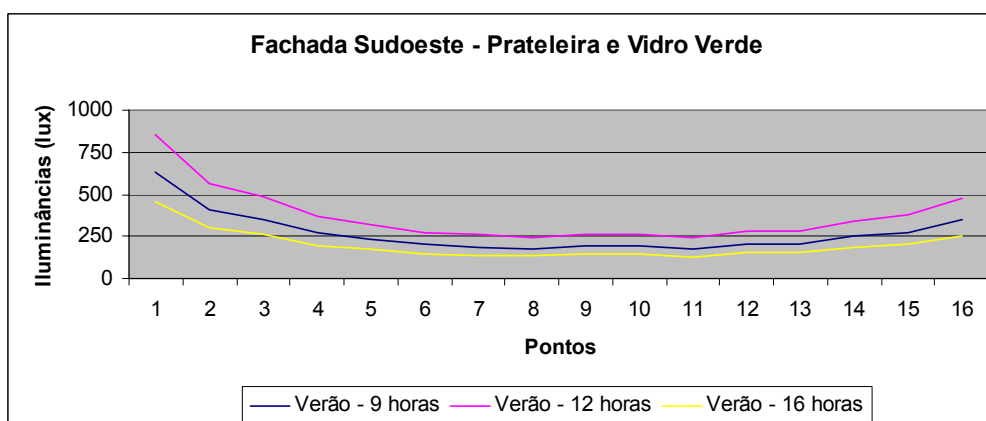


Gráfico 6.0 – Nível de iluminação para o solstício de verão



Cabe ressaltar que os resultados se referem a pior situação possível, já que considera somente o dia típico e o programa ECOTECT só calcula a contribuição da iluminação difusa para o nível de iluminação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tipologia de edifícios de escritórios em Brasília, tanto públicos como privados, é caracterizada por uma concepção baseada na arquitetura racionalista, com uso de concreto e vidro, que não segue a adequação ambiental necessária para o clima local.

Os projetos mais antigos utilizam a mesma concepção aplicada na sede do Ministério da Educação e Cultura no Rio de Janeiro, com uma fachada totalmente envidraçada e a outra, oposta, com uso de brises para proteção, o que não tem trazido resultados satisfatórios com relação ao conforto térmico e luminoso.

As edificações mais novas baseiam-se no estilo internacional com fachadas totalmente envidraçadas, independente da orientação, o que tem gerado problemas sérios de alta insolação e carga térmica nos escritórios e conseqüente consumo de energia com ar condicionado e iluminação artificial.

O uso da simulação computacional possibilitou fazer um diagnóstico da situação existente e analisar as propostas de melhoria. O programa ECOTECT possui algumas restrições quanto à simulação de

iluminação, porém, como os resultados foram avaliados a partir de estudo comparativo, foi possível determinar quais alternativas eram mais adequadas à situação existente.

O programa apresenta resultados de distribuição luminosa e gráficos de temperatura e ganhos térmicos onde pode-se observar as conseqüências da aplicação e modificação de materiais e elementos de controle solar.

Dessa forma, estudos de diagnóstico e proposições de projeto podem ser desenvolvidos a partir da aplicação de programas de simulação, tais como o ECOTECT, que tem ainda a propriedade de analisar de forma integrada as questões relacionadas com o conforto térmico, luminoso e acústico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, Cláudia Naves David. Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- CARPINTERO, Antonio Carlos Cabral. **Brasília - prática e teoria urbanística no Brasil: 1956 – 1998.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: USP, 1998.
- DOE – U. S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy. **Office Building.** Disponível na Internet: <http://www.eere.energy.gov/buildings/info/office/index.html>. Acesso em 05/02/2006a.
- DOE – U. S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy. **Building Technologies Program – Software Tools Directory.** Disponível na Internet: http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm. Acesso em 05/02/2006b.
- FICHER, Sylvia; ACAYABA, Marlene Milan. **Arquitetura moderna brasileira.** São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1982.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, O. R. **Eficiência energética na Arquitetura.** 2º edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- LIMA, Thais Borges Sanches. **Uso da simulação computacional em projetos de iluminação interna.** 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.
- MACIEL, Alexandra A. **Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios.** Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.