



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

O USO DE TECNOLOGIAS PASSIVAS E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO EDIFÍCIO SEDE DOS CORREIOS, EM BELO HORIZONTE

LARA, Valéria Cristina Diniz (1); ALUCCI, Márcia Peinado (2)

Mestre em Arquitetura FAUUSP, Arquiteta da ECT (Correios) – e-mail: valeria.lara@brfree.com.br
Rua Padre Demerval Gomes, 355/301 – Coração. Eucarístico – BH / MG – CEP 30535-470 - Brasil

Professora Doutora da FAUUSP – e-mail: marcialu@usp.br

Depto de Tecnologia - Rua do Lago, 876 - Cidade Universitária – SP/SP – CEP 05508-080 - Brasil

RESUMO

Proposta: Essa pesquisa apresenta uma avaliação do uso de tecnologias passivas na arquitetura, realizada por meio de simulações computacionais do desempenho energético de um edifício ainda em fase de projeto: a nova sede administrativa dos Correios em Belo Horizonte. O trabalho tem como objetivo principal quantificar os benefícios da incorporação das tecnologias passivas para efficientização energética de edifícios. **Método de pesquisa/Abordagens:** Foi realizado um redesenho do projeto em edifício, promovendo, assim, a qualidade e conforto ambiental do espaço interno. As simulações computacionais de desempenho energético foram realizadas utilizando-se o Programa Energyplus, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). Nelas foram avaliadas, de maneira sistemática, as soluções que foram adotadas no edifício sede dos Correios para condicionamento natural passivo e eficiência energética na iluminação. **Resultados:** Como conclusão, obteve-se a avaliação do uso do programa Energyplus e das soluções adotadas. Por fim, com as simulações realizadas, foi avaliado o desempenho energético do edifício em estudo e comprovado o benefício da utilização de medidas de melhorias de desempenho energético desde a fase de projeto. **Contribuições/Originalidade:** Os princípios deste trabalho se baseiam na reflexão a respeito dos conceitos e metodologias da arquitetura bioclimática e na utilização de novas tecnologias disponíveis (ferramentas computacionais) para estudo da eficiência energética em edificações.

Palavras-chave: tecnologias passivas, arquitetura, eficiência energética, conforto ambiental.

ABSTRACT

Propose: This project consists of an evaluation in the use of passive technologies in architecture. For this reason, it has been developed by computational simulations of the energy performance from a building. The case study is the Post Office in Belo Horizonte, which project is still in development. This work aims to quantify the benefits of passive technologies incorporations for energy efficiency of buildings. The final goal is to promote the environmental quality and comfort in the built space. **Methods:** The computational simulations of energy performance have been developed with the Energyplus software of US Department of Energy (DOE). They allowed to evaluate the strategies employed for passive architecture at Post Office in Belo Horizonte, as well as low energy strategies for thermal comfort and lighting. **Findings:** In conclusion, the evaluation of Energyplus software and the employed solutions has been obtained. The simulations proved that low energy strategies should be used since the beginning of the project. **Originality/value:** This project is also improve the discussion about the design approaches of bioclimatic architecture, as well as about the new technologies that are available to improve the energy performance.

Keywords: passive technologies, architecture, energy efficiency, environmental comfort.

1 INTRODUÇÃO

Essa pesquisa aborda uma avaliação da adoção de tecnologias passivas numa tipologia de edifício de escritório, relacionando o conforto térmico-luminoso dos usuários e a eficiência energética. O estudo é feito por meio de simulações computacionais de desempenho térmico do edifício ainda em fase de projeto arquitetônico.

A simulação da eficiência energética de edificações, ainda em fase de projeto arquitetônico, contribui para se garantir conforto ambiental, na medida em que analisa o aproveitamento das condições naturais de adaptação do edifício ao clima local, buscando otimizar o uso de sistemas artificiais de condicionamento do ar e de iluminação, antes mesmo de sua construção. Esta conjugação foi aplicada no projeto arquitetônico da nova sede administrativa dos Correios em Belo Horizonte. A tipologia de edifício de escritórios foi escolhida pelo potencial de economia de energia referente à iluminação artificial e ao condicionamento de ar, que são os dois usos finais de maior participação no consumo energético desse grupo. Segundo ROMÉRO (1997), esses usos correspondem a cerca de 50% de toda a energia consumida por um edifício de escritórios. É possível uma redução do consumo de energia para novos edifícios de até 30%, caso as tecnologias passivas sejam incorporadas ainda em fase de projeto (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 1994).

2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral quantificar os benefícios da incorporação das tecnologias passivas para efficientização energética de edifícios, ainda em fase de projeto arquitetônico, como fim de agregar qualidade e conforto ambiental ao espaço construído.

Tomando como objeto de estudo a tipologia de um edifício de escritórios, têm-se os seguintes objetivos secundários:

- a) Explorar um modelo recente para simulação computacional de desempenho energético e seu potencial de aplicação para a análise de edificações pelo profissional de projeto;
- b) Simular os ganhos obtidos com a integração de sistemas de iluminação natural e artificial;
- c) Propor um redesenho dos elementos de fachada do projeto em análise.

3 SIMULAÇÕES DE DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO

O uso de modelos de simulação vem aumentando em todo o mundo, não somente em universidades, mas também no meio dos profissionais de projeto e empresas de consultoria. Os programas existentes permitem a simulação de um edifício ainda em fase de projeto ou se o mesmo já estiver construído.

Os projetistas encontram hoje, no mercado, ferramentas de simulação simplificadas, que permitem análises preliminares e apresenta respostas rápidas, quando se quer obter um resultado aproximado, pois, geralmente trabalham com poucas variáveis. Existem, também, programas mais sofisticados, que possibilitam resultados com grande confiabilidade, pois analisam uma enorme quantidade de variáveis. Esses, geralmente, possuem uma interface pouco amigável com o usuário e, portanto, não são muito disseminados junto a projetistas, ficando restritos, muitas vezes, ao meio acadêmico e científico.

Dentre esses últimos, foi escolhido para esse trabalho o software Energyplus, atual programa de simulação energética do DOE e que considera o condicionamento térmico natural das edificações. O

Energyplus foi desenvolvido numa parceria entre a Universidade de *Illinois*, a Universidade da Califórnia e o *Lawrence Berkeley National Laboratory* (ENERGYPLUS DOCUMENTATION, 2003).

3.1 Caracterização climática

O tratamento de dados climáticos atualizados para fins arquitetônicos é fundamental para a identificação das estratégias adequadas para um projeto coerente com o clima local.

A partir dos dados climáticos cedidos pelo 5º Distrito de Meteorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia, ALVES (2003) determinou o ano climático de referência para Belo Horizonte, considerando uma série de dados de 1986 até 2000. O arquivo TRY encontrado, do ano climático de referência de 1995, foi impresso no diagrama bioclimático de Givoni, visto na figura 1, para que pudessem ser analisadas as principais estratégias bioclimáticas recomendadas para o projeto.

Segundo essa análise bioclimática, a principal estratégia para o verão é a ventilação, sendo que, em apenas dois meses do ano, aproximadamente, é necessário o uso do ar condicionado. Para os meses mais frios, quase metade das horas do dia encontra-se na zona de aquecimento passivo, devido a temperaturas mais baixas.

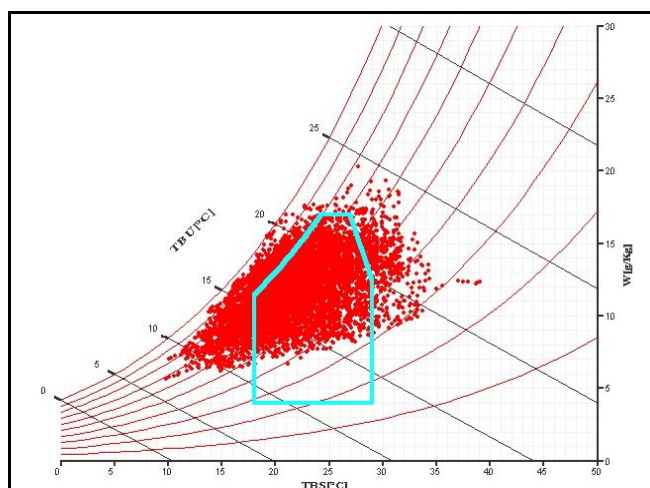


Figura 1: Carta bioclimática de Givoni, com todas as horas do ano climático de referência (TRY) de 1995, para Belo Horizonte

3.2 Apresentação do projeto

O projeto para a nova sede administrativa dos Correios possui uma área total de 21.752,00 m², distribuídos por nove pavimentos, sendo dois subsolos. A planta se configura em forma de “L”, com os dois blocos simétricos em relação ao vértice, como pode ser visto nas figuras 2 e 3. Os blocos se constituem em áreas de escritórios administrativos e, no vértice do prédio, situam-se as circulações verticais, os ambientes de suporte (áreas técnicas) e apoio (sanitários, copas, depósito, etc).

O sistema estrutural definido para o edifício é a estrutura metálica, conjugada com as vigas mistas (*steel-deck*) e painéis pré-fabricados de concreto para vedação externa, compostos de miolo de isopor com espessura de 6,5cm e recobrimento mínimo de 3cm nas duas faces de concreto aparente. Entre o painel pré-fabricado externo e a divisória de gesso acartonado existe um colchão de ar de 60cm de largura. É prevista a cobertura do edifício em telha metálica trapezoidal termo-acústica, tipo sanduíche, instalada sobre laje de forro.

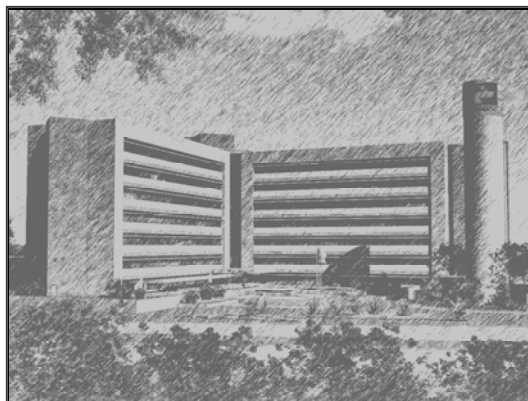


Figura 2: Perspectiva do projeto da nova sede dos Correios, em Belo Horizonte Fonte: ECT (2003)

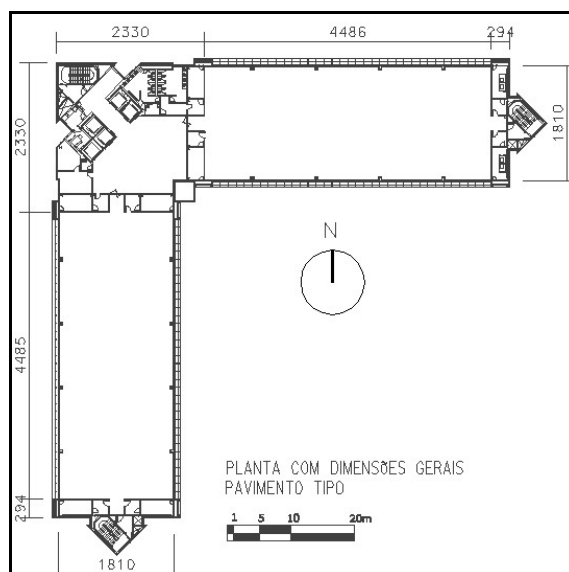


Figura 3: Dimensões gerais do prédio (pavimento-tipo)

Segundo o projeto original, as fachadas apresentam 55% de área de envidraçados, por meio de esquadrias fixas e tipo máximo ar, em alumínio com vidro laminado verde de 8mm de espessura. O projeto de layout interno prevê o conceito de pavimentos corridos, ou seja, os ambientes são abertos, com divisórias baixas.

3.3 Os sistemas do edifício

O sistema de iluminação foi projetado para a utilização de lâmpadas fluorescentes em todos os pavimentos. No pavimento tipo, ambiente de escritório, o sistema é caracterizado por luminárias de corpo refletor em alumínio e aletas brancas, dotadas de duas lâmpadas fluorescentes de 32W e reatores eletrônicos. A potência instalada de iluminação nesse ambiente é de $11,0 \text{ W/m}^2$.

No hall geral de cada pavimento, a iluminação será feita por meio de luminárias embutidas no forro, que se constitui de lâmpadas fluorescentes compactas de 26W. A potência instalada de iluminação no hall dos elevadores é de $6,5 \text{ W/m}^2$.

Apesar da previsão do sistema de ar condicionado central no projeto do edifício, o objetivo desse trabalho é avaliar o potencial da utilização dos sistemas passivos, não sendo, portanto, avaliado o sistema de condicionamento artificial. Tal argumento se justifica pelas recomendações de projeto para o ano climático de referência analisado, pelo qual menos de 0,05% das horas do ano necessitam de ar condicionado para resfriamento ambiental. Mesmo que, para as elevadas cargas térmicas internas, muitas vezes inerentes à tipologia de edifícios de escritórios, seja necessário o uso do ar condicionado, pretende-se aqui, primeiramente, reduzir os ganhos térmicos provenientes da envoltória, mesmo que numa última análise, essa redução represente a eficientização energética para condicionamento artificial.

3.4 Padrões de uso

Os padrões de uso são extremamente importantes na determinação do consumo do prédio, uma vez que descrevem toda a rotina de funcionamento do mesmo, seja de pessoas, iluminação e equipamentos. Esta programação é representada por valores específicos para os horários comerciais nos dias úteis e para os horários noturnos, os fins-de-semana e feriados. Foram associados padrões para ocupação (pessoas), para a rotina de abertura de janelas (ventilação natural), para iluminação e equipamentos.

3.5 Geometria das zonas térmicas

Para o estudo, foi simulado o edifício como um todo, mas foi enfatizado o pavimento-tipo, por ser o pavimento representativo do maior consumo e corresponder a 78% dos pavimentos, o qual foi dividido em cinco zonas térmicas, definidas por seu uso e ocupação e influência de localização das fachadas, como mostra a figura 4.

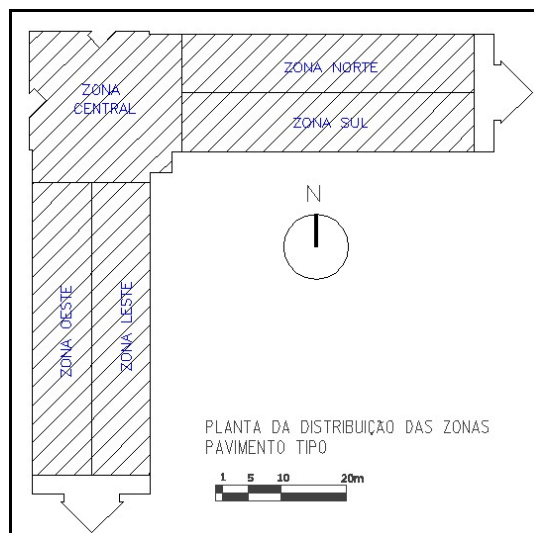


Figura 4: Zonas de estudo do edifício

3.6 Variações paramétricas

Algumas características originais do projeto foram mantidas sem alterações para todas as simulações, tais como: orientação, forma do edifício, material da envolvente opaca, tipo de vidro, planta do pavimento-tipo, número de ocupantes em cada zona, dimensionamento do sistema de iluminação artificial, dimensionamento dos equipamentos de uso do escritório, regime de uso e ocupação do edifício, índices de reflexão interna e externa do edifício. As variações paramétricas ocorreram nos elementos de envoltória, em situações cumulativas, ou seja, a simulação seguinte compreende as modificações propostas nas anteriores. Foram realizadas quatro simulações, caracterizadas abaixo:

- a) Caso 1: redução da proporção do elemento translúcido e opaco de 55% para 41%;
- b) Caso 2: Incremento de brises em todas as orientações, conforme as máscaras de obstrução;
- c) Caso 3: Aumento da ventilação diurna e noturna, pela alteração dos caixilhos das esquadrias, inserindo uma parte fixa em veneziana na bandeja superior de todas as janelas;
- d) Caso 4: Contribuição da iluminação natural, e sua integração com a iluminação artificial, utilizando do controle da iluminação artificial pelo sistema multistep.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após as simulações realizadas com o programa Energyplus, são apresentados nesse trabalho somente os principais resultados constantes em LARA (2004). Os gráficos 1, 2, 3 e 4 mostram as variações horárias de temperatura interna do ar ($^{\circ}\text{C}$), em cada zona térmica, para período extremo quente (15 a 21 de janeiro) apresentadas no caso original e no caso 3. Os resultados demonstram o desempenho da zona em dia em que não há ocupação, para que sejam avaliados os ganhos proporcionados pelas modificações na envoltória, e em dia de ocupação, para que sejam avaliadas as condições internas de conforto térmico.

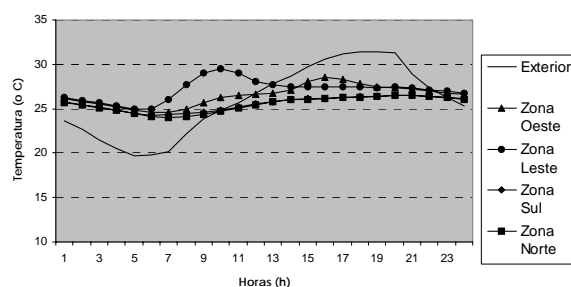


Gráfico 1: Variação horária de temp. do ar (°C) do projeto original, simulação sem ocupação

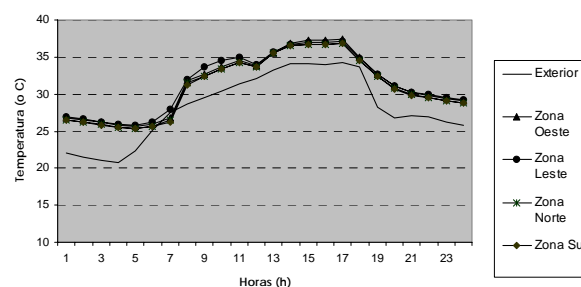


Gráfico 2: Variação horária de temp. do ar (°C) do projeto original, simulação com ocupação

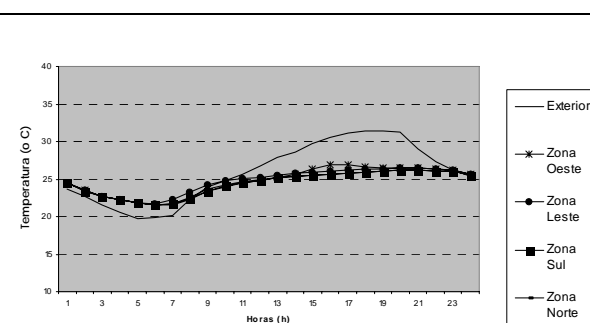


Gráfico 3: Variação horária de temp. do ar (°C) do caso 3, simulação sem ocupação

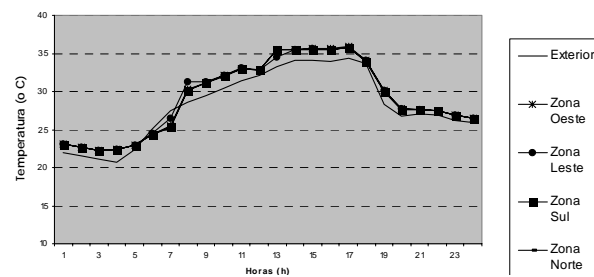


Gráfico 4: Variação horária de temp. do ar (°C) do caso 3, simulação com ocupação

4.1 Caso 4: Integração da iluminação natural e artificial

O cálculo da iluminação natural foi feito com a presença dos brises, cuja função é impedir a incidência da luz solar direta para determinados horários, reduzindo a possibilidade de ofuscamento no ambiente, pelos elevados níveis de iluminância próximos às janelas e níveis mais baixos no interior do ambiente.

Para o cálculo da iluminação natural, o programa Energyplus considera dois pontos de referência no interior de cada zona. O controle da iluminação artificial das zonas é feito pelo sistema tipo multistep, com até três etapas de acendimento das lâmpadas (desligadas, 33%, 67% e 100%). O sistema de controle funciona como resposta aos níveis de iluminância dos pontos internos considerados. Nesse sistema, a iluminação artificial suplementa a natural quando o nível de iluminância interno é menor que o desejável. No quadro 1, são mostrados os percentuais médios mensais de área do pavimento tipo e seus respectivos níveis de iluminação, agrupados seguindo o número de passos do sistema de controle da iluminação artificial.

Quadro 1: Percentuais médios mensais de área do pavimento tipo e seus respectivos níveis de iluminação

Controle de iluminação a	Nível de iluminância médio da iluminação natural (lux)	Percentual de área do pavimento tipo (%)
0%	maior ou igual a 500	17
33%	entre 335 e 500	19
67%	entre 165 e 335	29
100%	abaixo de 165	35

É interessante observar, como a forma da planta do pavimento tipo influencia a distribuição da iluminação natural. Edifícios caracterizados por plantas de andares corridos apresentam, no interior do pavimento, níveis de iluminação naturais muito baixos, principalmente se possuem grande profundidade. No caso do edifício sede dos Correios, os níveis de iluminação natural dos pontos mais centrais do pavimento estão em torno de 50 lux, para a condição mais crítica do mês de junho, ou seja, um décimo da iluminância requerida para a atividade de escritório.

Outro fato a ressaltar, é o contraste provocado por diferentes luminosidades no mesmo ambiente. O olho humano tem uma capacidade relativa de se adaptar aos contrastes. No entanto, essas adaptações não são imediatas e quando o contraste é excessivo, ele causa desconforto visual. Dessa forma, a busca por níveis homogêneos de iluminação é conseguido pelo sistema de controle da iluminação artificial complementando a natural. Esse conceito da homogeneidade da iluminação é importante em ambientes empresariais, pois influencia diretamente na maior eficiência do trabalho.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Quanto ao tipo de uso

Analisando a contribuição de cargas de cada componente, observada no caso original, percebe-se que o grau de contribuição de cada componente está diretamente relacionado ao tipo de uso da edificação, no caso, um edifício de escritórios. Ao se analisar o gráfico 5, percebe-se a representatividade de componentes relacionados ao tipo de uso e ocupação do edifício, tais como o padrão de ocupação por pessoas, equipamentos e sistema de iluminação. Isso mostra que o uso interno do espaço tem enorme influência nos ganhos de calor de uma edificação, principalmente quando esse uso se refere a escritórios.

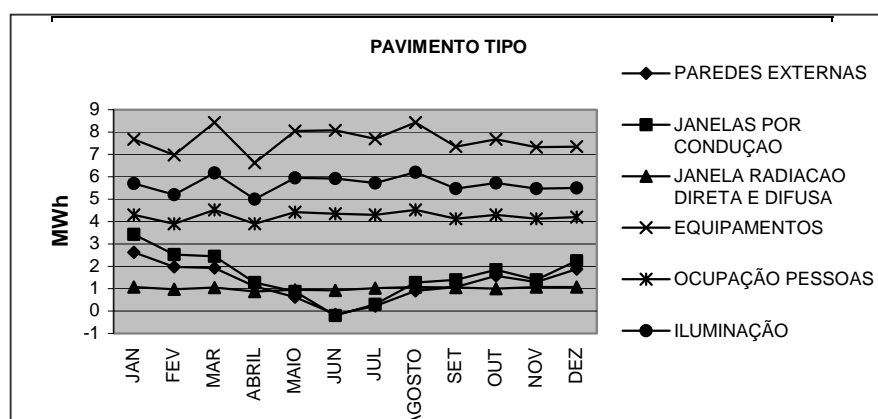


Gráfico 5: Contribuição (MWh) dos diversos componentes no ganho de calor interno do pavimento-tipo

Dos componentes arquitetônicos da edificação relacionados ao tipo de envoltória e materiais utilizados, as áreas envidraçadas apresentam maior participação no ganho térmico do que as superfícies opacas. É importante, ainda, perceber que a contribuição da parcela de ganho de calor referente à radiação e condução pelas áreas envidraçadas é inferior à contribuição térmica do sistema de iluminação artificial. Isso indica que a utilização consciente da iluminação natural, com as devidas proteções externas contra a insolação direta no ambiente de trabalho, pode, além de reduzir o consumo do sistema de iluminação artificial, reduzir também a parcela de contribuição de carga térmica desse sistema.

5.2 Quanto à orientação solar e os materiais envoltórios

No projeto original, cujas fachadas não possuem proteção externa, as zonas podem ser assim classificadas, quanto à diferença de temperatura, da mais alta para a mais baixa: zona leste, zona oeste, zona sul e zona norte, que apresentou maiores temperaturas no inverno.

Outra análise em relação à orientação solar, é que o uso de materiais leves e isolantes permite a ocupação em qualquer orientação, com a devida proteção externa contra insolação direta. Observando-se a variação de temperatura para a simulação sem ocupação das fachadas com a mesma proporção de área envidraçada/área de fachada e as suas respectivas proteções externas, nota-se que as temperaturas das diferentes zonas tornam-se bem uniformes, mostrando que a influência da orientação das fachadas, considerada muitas vezes determinante no desempenho térmico da edificação, tem efeito mínimo quando são usados materiais isolantes nas superfícies opacas e a devida proteção externa nas áreas envidraçadas.

Isso permite a conclusão de que, em edifícios de escritório, considerando a geração de altas cargas térmicas internas pela ocupação, as envoltórias, caracterizadas por coberturas e paredes em materiais leves e isolados, mostraram-se adequados, desde que possuam as faces externas em cores claras, que refletem bem a radiação solar e que haja sombreamento externo junto às aberturas.

5.3 Quanto ao uso de proteções solares externas

Nas simulações com sombreamento externo, houve redução de até 4°C no pico de temperatura da zona leste, no verão, e de 5°C na zona norte, no período de inverno. Outro fato observado é que o uso de materiais envoltórios leves e isolantes, associado aos elementos de proteção solar externa, permite a ocupação em qualquer orientação, pois minimiza os efeitos da diferença de temperatura entre as zonas.

O uso das proteções externas também contribui para a redução do efeito do ofuscamento causado pela iluminação natural, o que a torna mais homogênea no ambiente.

5.4 Quanto ao conjunto de todas as estratégias passivas adotadas

No quadro 2, são apresentadas as porcentagens médias de redução da temperatura interna das zonas, dentro do horário comercial, comparando os benefícios alcançados com as estratégias do caso 3, em relação ao projeto original.

Quadro 2: Porcentagem média de redução da temperatura interna das zonas, do caso 3 em relação ao proj. original

Zonas	Período extremo de verão		Período extremo de inverno	
	c/ ocupação	s/ ocupação	c/ ocupação	s/ ocupação
Oeste	3,6%	6,4%	5,5%	3,0%
Leste	4,1%	9,6%	5,6%	5,4%
Sul	3,0%	3,2%	5,6%	4,7%
Norte	2,9%	2,9%	7,2%	13,4%

No geral, em dias de ocupação normal, no horário de expediente, a temperatura interna sofreu uma redução anual média entre 3,5 e 5,7%. Nos dias em que não há ocupação no edifício, houve uma redução média das temperaturas internas, para o horário de expediente comercial, de **9,6%** para a fachada leste, no verão, e de **13,4%** para a fachada norte, no inverno. Esses dados mostram ganhos expressivos na redução da temperatura interna, que vão, em último caso, contribuir para a redução do uso indiscriminado do ar condicionado, reduzindo, por conseguinte, o consumo de energia elétrica para condicionamento.

No entanto, considerando o ambiente ocupado, no período de verão e durante o horário comercial, as temperaturas internas atingiram valores acima de 30°C, demonstrando que, mesmo com as estratégias passivas, essas não foram suficientes para reduzir a carga térmica produzida no ambiente. Nesse caso, é requerido o uso do ar condicionado.

5.5 Quanto à integração dos sistemas de iluminação

A integração dos sistemas de iluminação demonstrou um grande potencial de economia de energia, com média anual de 28,7% de redução no consumo de energia para iluminação artificial. Essa redução influenciou diretamente na redução das cargas internas, reduzindo, também, as temperaturas internas das zonas.

6 CONCLUSÕES

6.1 Sobre a avaliação bioclimática

Segundo a classificação climática do Energyplus, o clima de Belo Horizonte é considerado como Aw (tropical úmido e seco ou savanas, temp. médias mensais acima de 18°C), sendo que sua região é classificada como Cwa (tropical chuvoso, com distinto período seco e temp. do mês mais frio abaixo de 18°C). De acordo com a análise bioclimática para Belo Horizonte, o maior desconforto térmico é provocado pelo frio (25%), que ocorre durante a madrugada. Já o desconforto por calor ocorre durante o período vespertino, e a principal estratégia, nesse caso, é a ventilação (11%). O ar condicionado só é recomendado para 0,04% das horas do ano.

6.2 Sobre o software utilizado

Mesmo disponibilizando seu modelo matemático para pesquisadores, como forma de aprimoramento, ainda assim o programa Energyplus, utilizado nesse trabalho, apresentou algumas limitações, que, com certeza, com um maior conhecimento e pesquisa a respeito, podem ser esclarecidas, que são:

- a) as orientações sobre o Energyplus, contidas no manual, foram, às vezes, insuficientes ou obscuras para esclarecer a inserção dos dados e o entendimento de todas as variáveis relacionadas;
- b) não ficou muito claro o procedimento de cálculo da iluminação natural, principalmente se forem considerados sistemas de redirecionamento da luz;
- c) não possui uma interface gráfica, o que dificulta o seu uso por profissionais de projeto.

Dentro dos módulos que foram trabalhados, foram observadas as seguintes vantagens:

- a) simulação de edifícios de formas complexas e de vários pavimentos;
- b) inserção de dados nos módulos separadamente e simulação apenas do módulo que seja do interesse do projetista;
- c) diversidade e quantidade de dados de entrada, que o torna mais preciso, além de apresentar valores *default* para determinadas variáveis;
- d) extenso banco de dados de materiais construtivos e suas características;
- e) saída de dados no formato '.csv' que pode ser editado no Excel;
- f) variedade dos dados de saída, o que permite análises diversificadas e bem fundamentadas.

6.3 Sobre as simulações de desempenho térmico

O arquiteto assume importância crucial na definição das melhores soluções de projeto, pois, em todos os casos estudados, as propostas adotadas mostraram-se eficazes, pois reduziram as temperaturas internas das zonas.

Ficou comprovado, também, que não existem soluções de projeto prontas que podem ser consideradas como genéricas. Isso pôde ser observado na homogeneidade das temperaturas internas de zonas diferentes e que não possuíam contato entre si, que foi possível com o uso de materiais adequados e da proteção contra radiações solares. Isso demonstra a importância que a simulação de desempenho térmico possui ainda na etapa de projeto, como ferramenta de auxílio na definição das melhores estratégias feitas pelo profissional de projeto.

Para o edifício em estudo, recomenda-se o uso de brises com ângulo de 50° como forma de aumentar sua eficiência. Já para a tipologia de edifícios de escritórios, têm-se como recomendações gerais, o uso do sombreamento externo em todas as fachadas; a aplicação de percentuais de área envidraçada/área de fachada inferiores a 50%; o uso de aberturas, por meio de caixilharia móvel, em todas as fachadas; o uso da estratégia da ventilação noturna.

6.4 Sobre as simulações de desempenho luminoso

A utilização da iluminação suplementar permanente é recomendada para ambientes não residenciais (escritórios, escolas, indústrias), onde há uma demanda por níveis elevados de iluminância nos horários de maior disponibilidade da iluminação natural.

A escolha da melhor estratégia para integração dos sistemas deve considerar as particularidades de cada projeto, como a relação entre os níveis de iluminância natural existentes e os desejáveis de projeto, sua distribuição no ambiente, os custos iniciais e de operação/manutenção dos sistemas de controle automatizados. O arquiteto deve considerar a iluminação natural desde a fase do projeto, aproveitando-a corretamente, sem ganhos térmicos excessivos e com o devido controle do ofuscamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. P. (2003) **Análise energética de edifícios de escritórios: estudo de caso edifício Júlio Soares (sede da CEMIG), Belo Horizonte, MG**. Belo Horizonte: UFMG. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Nuclear).

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS – ECT (2003). **Memorial Descritivo do edifício Sede da ECT, em Belo Horizonte**. Belo Horizonte. Mimeo.

ENERGY PLUS DOCUMENTATION (2003). **Input Output Reference**. Lawrence Berkeley National Laboratory. Disponível em <http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus>. Acessado em 12/01/04.

LARA, V. C. D. (2004) **O uso de tecnologias passivas e a eficiência energética no edifício sede dos Correios, em Belo Horizonte**. São Paulo: FAU-USP. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1994). **Balanco Energético Nacional**. Brasília: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA.

ROMÉRO, M. de A. (1997) **Arquitetura, Comportamento & energia** – Análise do desempenho energético e do nível de satisfação dos usuários em edifícios de escritórios na cidade de SP, utilizando-se procedimentos da avaliação pós-ocupação. São Paulo: FAU-USP. (Tese de livre-docência).