

EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS EM BRASÍLIA, UMA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA

Alexandra A. Maciel (1), Roberto Lamberts (2)

(1) LabEEE, Departamento de Engenharia Civil/UFSC, end: UFSC, c. postal 476, Florianópolis- SC- 88040-900, tel: 48 3315185, email: xandamaciel@hotmail.com

(2) idem autor (1), email: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

O clima de Brasília é classificado como clima Tropical de Altitude (classificação de Koppen) com duas estações definidas: quente e úmido (outubro a abril) e seca (maio a setembro). Neste contexto, o presente trabalho analisa características arquitetônicas de edifício de escritórios na cidade que contribua efetivamente para o conforto térmico dos usuários. Foi feita a avaliação bioclimática do edifício da Câmara Legislativa do Distrito Federal. Este edifício apresenta características que vão de acordo com as estratégias indicadas pelas cartas bioclimáticas mais apropriadas à região, como a carta de Givoni (1992). Medições de dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa foram realizadas no edifício entre fevereiro e junho de 2001. Algumas salas foram alteradas com a aplicação de estratégias bioclimáticas como o isolamento térmico da cobertura, o resfriamento evaporativo por microaspersão e a vedação do sistema existente de renovação de ar. Os dados de sensação térmica dos usuários das salas foram coletados através de questionários. A análise comparativa dos dados torna possível a verificação do potencial das soluções arquitetônicas e de sistemas mais econômicos de climatização para a manutenção do conforto térmico em edifícios de baixa carga térmica na região.

Palavras-chave: projeto bioclimático, resfriamento passivo, baixo consumo, edifício de escritório.

1. INTRODUÇÃO

Numa época em que o planeta vive uma crise de energia, a busca pelo seu melhor aproveitamento é papel de todos os profissionais. No campo da arquitetura, hoje mais do que nunca, é preciso oferecer condições para que a energia seja solicitada da forma mais racional e menos dispendiosa possível. O estudo experimental da performance térmica de diferentes tipologias arquitetônicas é extremamente importante para indicar alternativas ao crescimento do consumo de energia em edifícios comerciais.

2-EXPERIMENTO

Este estudo consiste na avaliação bioclimática do edifício da Câmara Legislativa do Distrito Federal, localizado às margens do Lago Paranoá, na cidade de Brasília. A avaliação foi baseada em dados de sensação térmica, temperatura de bulbo seco e umidade relativa internos e externos coletados entre fevereiro e junho de 2001.

Para a identificação de características e soluções arquitetônicas adequadas à região e com potencial para implementação de sistemas de resfriamento passivos baseou-se em estudo piloto realizado em outubro de 2000, na análise do clima e nas recomendações bioclimáticas para a região (Watson e Labs (1983), Koenigsberger (1980), Frota e Schiffer (1988), Lamberts et al (1997), e Givoni (1994), Ferreira (1965)).

As estratégias bioclimáticas mais indicadas para a região em períodos quentes são a ventilação natural, a massa térmica para resfriamento, o resfriamento evaporativo e o sombreamento. A estratégia de aquecimento solar passivo é a mais indicada para a situação de frio.

O edifício da Câmara possui grandes janelas sombreadas que permitem uma boa ventilação. Além disso possui aberturas próximas ao piso que promovem a circulação e renovação do ar interno mesmo com as janelas fechadas. O ar penetra pelas aberturas e a existência de divisórias duplas permite que o ar aquecido seja liberado para o exterior pela abertura no centro da cobertura (ver fig.1).

O edifício apresenta uma “cortina” de vegetação ao longo das fachadas e no pátio interno e grandes beirais para proteção das fachadas contra radiação solar direta. O pátio interno e a vegetação contribuem para um maior nível de umidade em relação ao ambiente externo, gerando um microclima local.

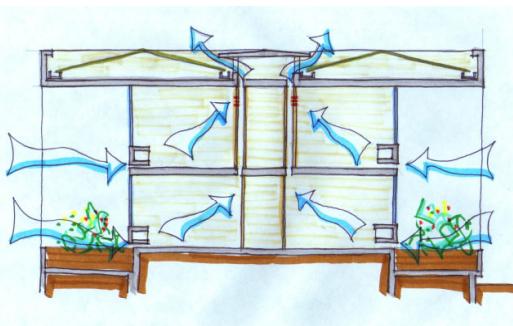


Figura 1. Corte esquemático de um dos blocos.

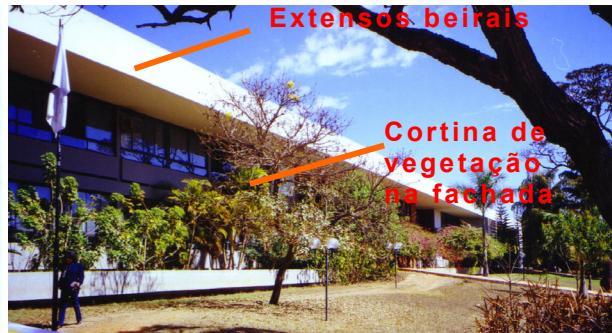


Figura 2. Vista externa do edifício da Câmara.

O edifício está orientado norte-sul e é constituído por dois blocos, com pátio interno, interligados por uma passarela. Para o experimento foram selecionadas 14 salas do bloco cuja fachada norte está voltada para o pátio interno. Todas as salas possuem as mesmas características de mobiliário, composição das vedações. Existem dois usuários por sala. Seis salas estão localizadas no térreo e oito no 1º andar (ver figs. 3 e 4)

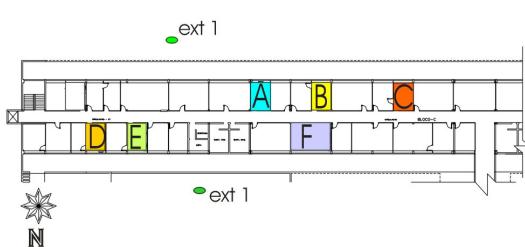


Figura 3. Planta baixa térreo do bloco selecionado

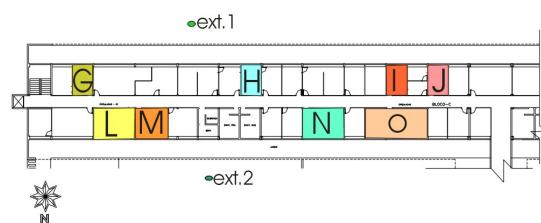


Figura 4. Planta baixa 1º andar do bloco selecionado

Algumas salas foram submetidas a diferentes modificações com o objetivo de verificar o potencial das características arquitetônicas do edifício e das estratégias bioclimáticas indicadas para a região. Abaixo relação das salas alteradas:

- Salas A, F, H e N- instalação de sistema de resfriamento evaporativo direto por microaspersão (fig.5). Tipo fixo com bicos aspersores e controlador automático de ambiente, liga com TBS acima de 26°C e desliga com umidade relativa acima dos 65%. Sensor localizado na sala N.
- Sala G- isolamento térmico da laje da cobertura com poliuretano jateado, 20mm. No dia 5/05/01 as telhas de cimento amianto referentes a esta sala foram pintadas de branco. (fig.6)
- Sala M- ventilação natural noturna. Janelas mantidas abertas após as 18:00.
- Salas B, E e J, posteriormente mudança da sala B para C- a vedação do sistema existente de renovação de ar, com fita plástica adesiva.



Figura 5- Vista resfriamento evaporativo instalado.



Figura 6- Cobertura sala G pintada.

Foi feita a análise comparativa de dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa entre salas não modificadas (salas tipo) e modificadas. Os dados medidos internamente também foram comparados com dados de TBS medidos nas áreas externas do prédio (ver figs. 3 e 4) e com os dados de TBS e UR registrados pela estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMet). Os dados medidos foram registrados com *dataloggers* portáteis fixados a 0,75m de altura no interior de cada sala.

Para o registro dos dados de sensação térmica foram aplicados questionários aos usuários de cada sala analisada. A aplicação foi feita duas vezes por mês, por turno.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1-Avaliação dos questionários

Durante todo o período os usuários do edifício, tanto no período da manhã quanto da tarde, indicam o pátio interno como o local mais agradável do ponto de vista do conforto térmico. Também destacam o hall do plenário (com pé-direto duplo), os corredores e o andar térreo.

As características do prédio mais apropriadas ao clima segundo os usuários são a boa ventilação devido às grandes janelas e a vegetação do pátio interno e entorno. A maioria dos usuários considera o edifício adequado ao clima, mesmo registrando momentos de desconforto.

A pouca ventilação é a maior causa de desconforto por calor segundo os usuários, conflitando com as respostas quanto às características mais apropriadas. Para os usuários do térreo no período da tarde, a partir de abril a incidência solar direta nas janelas é a principal causa de desconforto por calor.

Até o início de março o ar condicionado é a principal solução sugerida pelos usuários para o desconforto por calor. A partir de abril a umidificação, como é chamado o sistema de resfriamento evaporativo pelos usuários, passa a ser a solução mais indicada.

Em maio no período da manhã os usuários não consideram necessária nenhuma modificação. A partir de maio a troca do material do piso (pedra de ardósia) passa a ser sugerida como solução para o desconforto por frio, com exceção dos usuários do térreo no período da tarde.

Em maio e junho a “umidificação” passa a ser a principal solução para os usuários do primeiro andar, seguida de uma maior ventilação. Nesses meses os usuários do térreo no período da tarde sugerem mais jardins. A partir de maio a troca do piso passa a ser indicada pelos usuários da manhã e do primeiro andar à tarde para solucionar o desconforto térmico por frio. Em maio os usuários da manhã não acham necessária nenhuma modificação.

Até abril há pequeno registro de desconforto por calor. Há maior ocorrência de desconforto por calor no primeiro andar. Quando questionados à respeito do clima externo os usuários do 1º andar em relação aos usuários do térreo consideram o clima externo bem mais quente. Essa diferença demonstra a influência dos ganhos de calor pela cobertura.

Em maio acontecem as primeiras ocorrências de desconforto térmico por frio no período da manhã. No mês de junho predomina o desconforto frio, principalmente pela manhã e no primeiro andar à tarde. A maior incidência de luz solar direta neste período no térreo da fachada norte minimiza o desconforto por frio. As soluções sugeridas pelos usuários vão de acordo com as mudanças climáticas e a sensação térmica no interior das salas.

O mês de maio com temperaturas máximas externas inferiores à 28°C, foi considerado o mês mais confortável pelos usuários.

Os ventiladores das salas analisadas são ligados somente no período da tarde e nas quatro salas em que foi instalado o sistema de resfriamento evaporativo eles deixaram de ser ligados ao longo do tempo.

4.2- Avaliação dos dados de TBS e UR medidos

De maneira geral, as temperaturas internas das salas localizadas no térreo são inferiores às temperaturas externas. No 1º andar as temperaturas internas são superiores às temperaturas externas, o que demonstra o ganho de calor elevado pela cobertura. Em fevereiro a temperatura máxima do térreo é de 28,5°C. Enquanto que no 1º andar a máxima é de 31°C.

Porém em junho as temperaturas internas do térreo da fachada norte tornam-se superiores às temperaturas registradas nas salas do primeiro andar, devido a maior incidência de radiação solar direta. Em junho a temperatura máxima da fachada norte no térreo é de 27,6°C e no 1º andar é de 26,4°C. As temperaturas mínimas são de 19,4°C no térreo e 18,7°C no 1º andar.

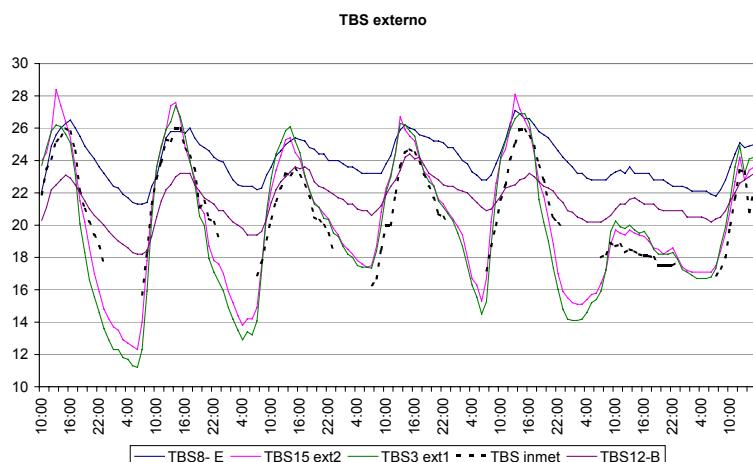


Figura 7- Gráfico TBS da área externa ao prédio, da estação do INMET e TBS interno (térreo norte e sul). 22 a 28 de maio.

Os dados de umidade relativa medidos na área de transição externa são equivalentes aos dados da estação do INMET, durante o período diurno. Durante o período noturno os dados de umidade relativa são 10% superiores a umidade relativa externa, pela proximidade do edifício do lago Paranoá. Os dados de temperatura máxima externa estão cerca de 0,8°C acima dos dados da estação do INMET, (figura 7). Na figura 7 observa-se que a temperatura interna da fachada norte é cerca de 2°C superior à temperatura interna da fachada sul.

A umidade relativa externa mínima registrada foi de 28,6% no mês de junho. A umidade relativa interna mínima referente ao mesmo período foi de 43,7%.

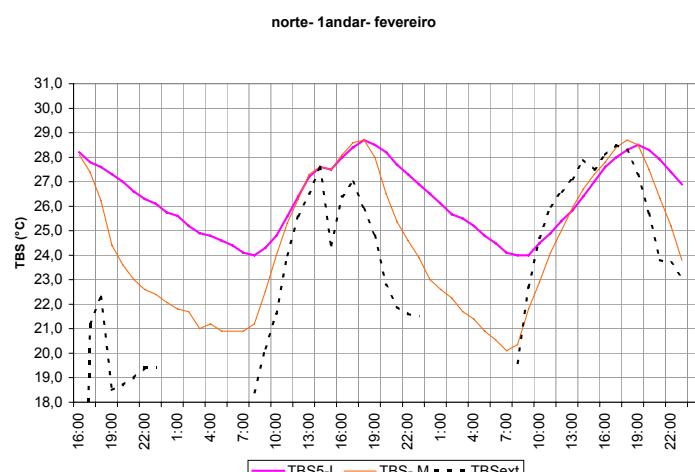


Figura 8- Temperatura de bulbo seco. Efeito da ventilação noturna, sala M. Intervalo 8 a 10 de fevereiro.

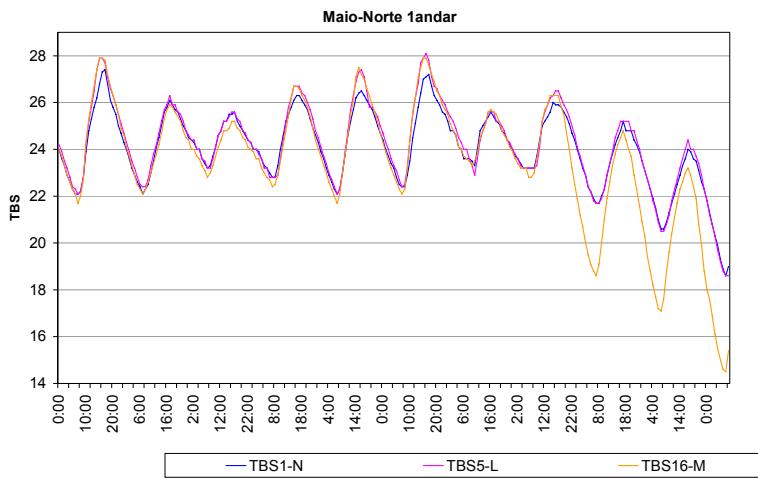


Figura 9- Temperatura de bulbo seco. Efeito da ventilação noturna em período com a sala desocupada. Intervalo 11 a 21 de maio.

Através da figura 8 observa-se que o efeito da ventilação noturna na sala M demonstrou pouca alteração sobre temperatura diurna durante o período de ocupação da sala. Devido a pequena inércia térmica oferecida pela estrutura leve do prédio, a elevada redução de temperatura alcançada no período noturno não se mantém durante o dia. Apenas no período da manhã é possível perceber uma diferença de até 1°C em relação às salas L e N. Neste período a redução da temperatura é desnecessária e até indesejável de acordo com a temperaturas externas da região que se encontram abaixo dos 26°C. A partir das 11:00 da manhã ocorre uma rápida recuperação da temperatura interna, voltando a equivalência com as demais salas. Porém nos finais de semana a temperatura se mantém reduzida em relação às demais durante todo o dia, (Figura 9) Essa diferença demonstra a influência dos ganhos térmicos internos na temperatura interna das salas e da ventilação natural.

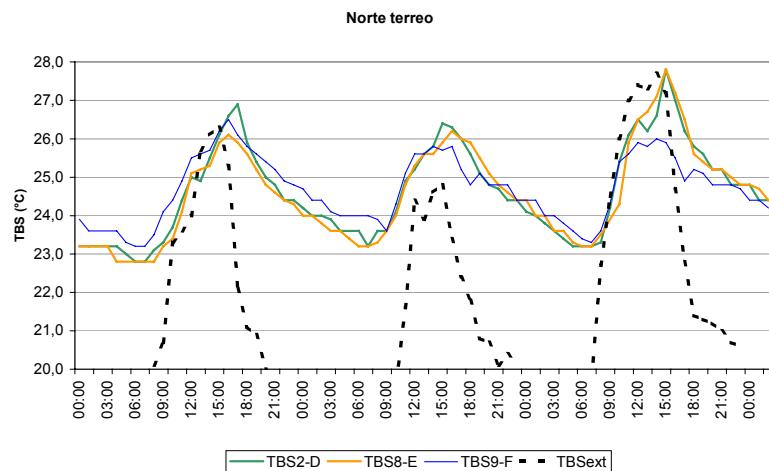


Figura 10- Temperatura de bulbo seco. Efeito do resfriamento evaporativo. Intervalo 6 a 9 de março. Aparelho ligado dia 7/03 e 8/03.

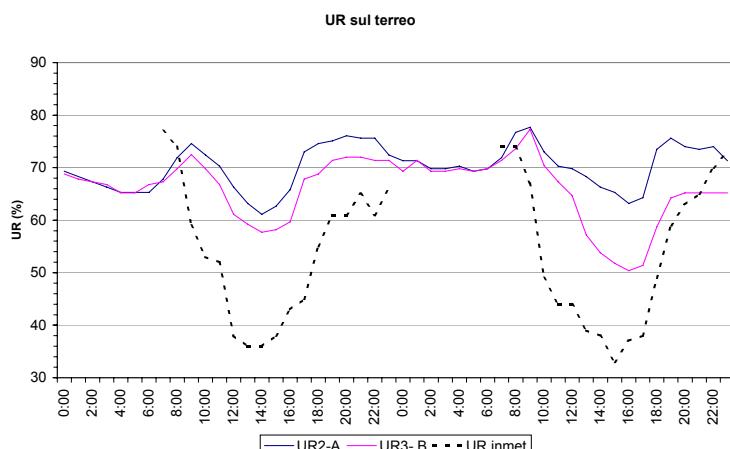


Figura 11- Umidade Relativa. Efeito do resfriamento evaporativo na sala A . Intervalo 1 a 2 de maio.

De fevereiro à abril observa-se uma redução de até 2°C do pico de temperatura diurno das salas sob influência do resfriamento evaporativo em relação ao pico de temperatura das salas tipo. A figura 10 ilustra o efeito desse sistema em uma das situações analisadas. As maiores reduções do pico de temperatura alcançam-se em relação às salas tipo se dão no térreo da fachada sul. A umidade relativa das salas com o sistema de resfriamento é superior à umidade relativa externa (figura 11), registrando aumento de até 28% durante o pico de temperatura diurno. A sala F no térreo apresenta dados de umidade relativa superiores aos das salas H e N no 1º andar. A partir de maio a influência do sistema sobre a temperatura diminui. O aparelho de resfriamento evaporativo permanece a maior parte do tempo desligado, pois entra em funcionamento quando o termostato localizado na sala N indica temperatura superior a 26°C.

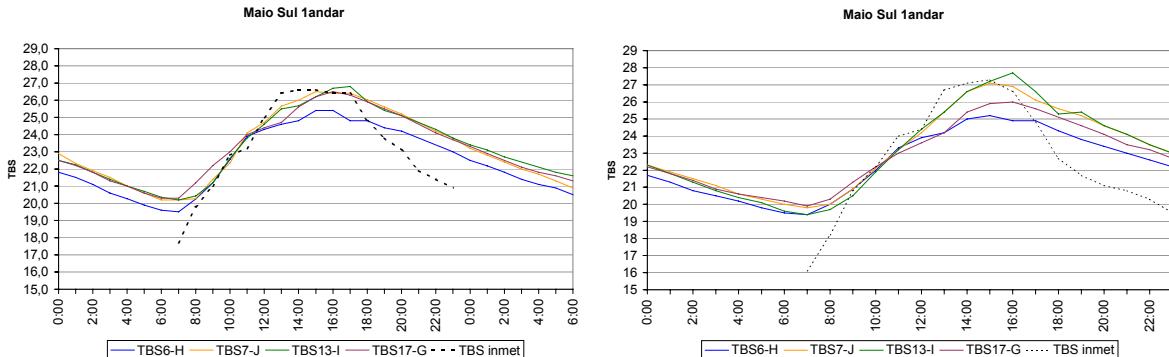


Figura 12- TBS. Sala G (com isolamento térmico) com sala ocupada. Intervalo 3/05. Figura 13- Sala G após pintura das telhas de branco (dia 4/05 à tarde). Intervalo 8/05.

Com o isolamento térmico da laje da cobertura da sala G a partir de 19 de fevereiro percebe-se uma redução da temperatura interna em cerca de 1°C abaixo das salas H e J apenas nos finais de semana. Porém com a sala ocupada não há diferença devido ao isolamento no pico de temperatura diurno, o que também indica a influência dos ganhos de calor interno sobre a temperatura interna das salas (figura 12). No período noturno há uma maior conservação de calor na sala com o isolamento térmico, a temperatura mínima interna da sala G é elevada em relação as demais em até 1°C. No mês de maio as telhas de cimento amianto da cobertura da sala G foram pintadas de branco. Na figura 13 verifica-se que após a pintura, a temperatura interna da sala G apresenta redução na temperatura máxima interna em relação as demais inclusive durante os períodos de ocupação.

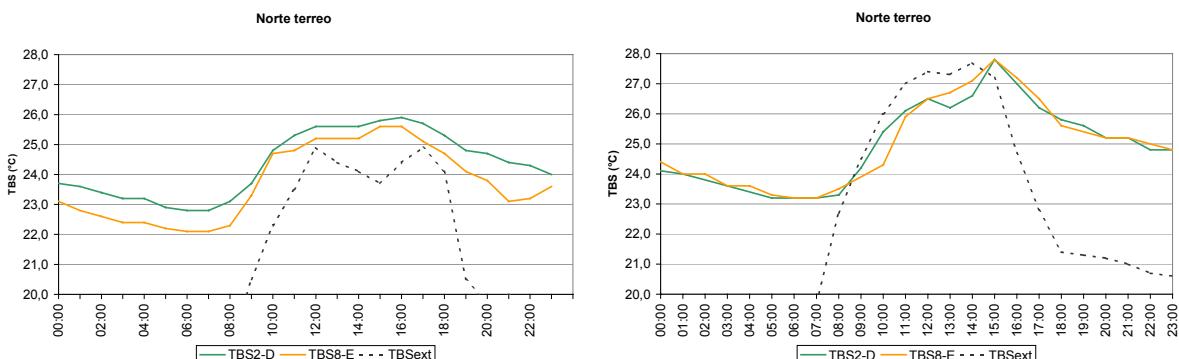


Figura 14- TBS. Salas antes da vedação das aberturas p/ renovação de ar. Intervalo 01/03

Figura 15- Sala E após vedação das aberturas existentes, (dia 02/03 à tarde). Intervalo 8/03.

A abertura para a circulação de ar provoca pequena elevação na temperatura interna das salas. Com a vedação das aberturas existentes na sala E (figuras 14 e 15) a elevação da temperatura interna diurna aumenta cerca de 0,4°C. Também é possível perceber que houve uma clara elevação da temperatura interna no período noturno.

4-CONCLUSÕES

As características do edifício configuraram um ambiente de baixa carga térmica, tornando a questão do conforto térmico passível de ser resolvida através de sistemas de climatização de baixo consumo energético.

Nos meses mais quentes o sistema de resfriamento evaporativo demonstrou ser bastante eficiente mantendo o pico de temperatura diurno abaixo dos 26,5°C. O isolamento térmico da cobertura juntamente com a pintura com cores claras reduziu o efeito dos ganhos de calor pela cobertura. A ventilação noturna mostrou-se inapropriada ao clima de Brasília e para as características térmicas do prédio. Os dados coletados no estudo piloto aplicados a carta psicrométrica haviam demonstrado o potencial do sistema de resfriamento evaporativo. O que tem se confirmado com as análises recentes, que demonstram a redução do pico de temperatura diurno das salas sob sua influência em cerca de 2°C no verão. A utilização do isolamento térmico em conjunto com o sistema de resfriamento evaporativo configura uma solução bastante viável em edifício que possibilite uma ventilação e renovação do ar adequadas.

No inverno, com temperaturas externas inferiores à 27°C, o uso de sistemas de resfriamento torna-se dispensável. Nesse período torna-se mais adequada a introdução de radiação solar direta nos ambientes.

É interessante destacar o aumento da aceitação do usuário a sistemas alternativos de climatização a partir do contato com seus efeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., *Manual de Conforto Térmico*, 2^a.ed., Studio Nobel, SP, 1988.
FERREIRA P., *Alguns dados sobre o clima de Brasília*. Brasilia 1965. Dissertação de mestrado UnB.
GIVONI, B. *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Building, vol.18, Amsterdam, 1992.
GIVONI, B. *Passive and low energy cooling of buildings*, Van Nostrand Reinhold, Nova York, 1994.
KOENIGSBERGER et al, *Manual of Tropical Housing*. 4^a edição Nova York, 1980.
LAMBERTS et al, *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades Brasileiras*, PW ed., São Paulo, 1997.
WATSON D. e LABS K., *Climatic Building Design. Energy- efficient building principles and practice*. McGraw-Hill book Company, 1983.

