



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO PARA O PERÍODO DE INVERNO NO HOSPITAL ESCOLA DE SÃO CARLOS

Marieli Azoia Lukiantchuki (1); Monica Faria de Almeida Prado (2); Rosana Maria Caram (3)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: marieli@sc.usp.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: nicafap@sc.usp.br

(3) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: rcaram@sc.usp.br

RESUMO

As estratégias passivas para melhoria de conforto térmico encontradas nos hospitais projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, ilustram que há uma preocupação com a adaptação de cada projeto ao clima. O Hospital Escola de São Carlos, projetado por esse arquiteto possui soluções que além de propiciar ambientes mais agradáveis e salubres, evitam o uso de sistemas mecânicos de resfriamento, e com isto o gasto excessivo de energia elétrica. Neste edifício, estão presentes as estratégias de projeto utilizadas frequentemente por Lelé, destacando-se os sheds, que além de caracterizarem arquitetonicamente os edifícios, promovem iluminação e ventilação natural, os forros basculantes metálicos, e as galerias subterrâneas com resfriamento evaporativo. No entanto, devido ao clima de São Carlos apresentar períodos de inverno, as entradas permanentes de ventilação natural nos ambientes internos podem causar incômodo aos usuários. Deste modo, o presente artigo tem como objetivo avaliar o conforto térmico da sala de espera do ambulatório deste hospital durante o período de inverno, através da análise da temperatura e da umidade relativa interna do ambiente, da sensação térmica dos usuários do hospital e das estratégias de ventilação natural aplicada ao ambiente. Para isto, foram realizadas medições in loco utilizando como equipamentos três HOBO RH/temp., e os dados relativos à sensação térmica dos usuários, foram obtidos através da aplicação de questionários utilizando uma escala gráfica baseada na escala de sensação térmica de sete pontos presente na ISO 7730 (2005) e pelo diagrama apresentado por Voltani (2009). Como resultado, tem-se que, a temperatura interna permanece acima da temperatura externa na maior parte do período de inverno avaliado. Entretanto, para a maioria dos usuários, a sensação térmica é de desconforto para o frio, devido às aberturas fixas presentes na fachada sudeste, que permitem uma constante ventilação natural, o que proporciona este desconforto aos usuários.

Palavras-chave: conforto térmico; sensação térmica dos usuários; Hospital Escola.

1 INTRODUÇÃO

O desempenho térmico de uma edificação é um dos principais aspectos a serem considerados no momento da concepção do projeto arquitetônico, pois interfere na sensação térmica dos usuários, além de proporcionar uma melhor eficiência energética da edificação. Quando se considera o clima local, e utiliza-se no projeto dados relativos à insolação e ventilação, além de escolher corretamente os materiais e os elementos construtivos, é possível, na maior parte das vezes, proporcionar conforto sem a utilização de equipamentos mecânicos.

O conforto térmico pessoal é definido por Fanger (1972, p.13) como “[...] sendo uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Segundo a norma ASHRAE 55 (2004, p.2) conforto térmico é “o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e é considerado por uma avaliação subjetiva”. Além disso, Koenigsberger et al. (1977) destacam que os critérios para se alcançar o conforto total de um ambiente não dependem apenas das variáveis ambientais, mas também de todos os sentidos do homem.

Deste modo, mesmo que o ambiente esteja termicamente neutro, alguns usuários não estarão confortáveis termicamente, pois o conforto depende de variáveis ambientais, pessoais, e subjetivas. Como variáveis ambientais incluem-se: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura radiante média ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar (m/s), e umidade do ar (%). Como variáveis pessoais têm-se: atividade desenvolvida (met) e vestimenta utilizada (clo). E por fim, como variáveis subjetivas idade, sexo e forma do corpo.

Fanger (1970) correlaciona as variáveis ambientais e pessoais para estimar a sensação térmica humana, e desenvolve os índices PMV e PPD que expressam respectivamente o voto médio estimado e a porcentagem de pessoas insatisfeitas. Para esta metodologia, o autor utiliza a escala de 7 pontos da ASHRAE para representar o conforto térmico humano, a qual engloba a variação da sensação de frio para o calor passando pelo ponto neutro. Segundo o mesmo autor, considera-se um ambiente termicamente confortável aquele em que apenas 10% das pessoas demonstram insatisfação com o ambiente, o que corresponde a 90% das pessoas em conforto térmico. De acordo com a ASHRAE 55 (2004), um ambiente é termicamente aceitável quando pelo menos 80% de seus ocupantes expressam satisfação com ele.

A inadequação do edifício ao clima regional requer o uso de meios mecânicos de resfriamento e aquecimento dos ambientes para se atingir uma sensação térmica agradável, demandando assim um alto consumo de energia elétrica. Em edifícios de saúde, que são ambientes complexos, essa adequação é muito importante principalmente para o conforto dos pacientes e funcionários. No Brasil, o arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, é muito conhecido por considerar o conforto térmico através de sistemas passivos. Dentre as suas obras destaca-se a Rede de Hospitais Sarah Kubitschek, projetados com base nos princípios de eficiência energética.

Seguindo a mesma linha de concepção, o Hospital Escola Municipal de São Carlos, projeto de sua autoria, é composto por estratégias de iluminação e ventilação natural, a fim de possibilitar conforto aos usuários sem demandar um alto consumo de energia elétrica. Esse edifício é caracterizado pela presença de elementos como sheds, forros basculantes, fachadas envidraçadas, uso de vegetação, massas d'água, ventilação e iluminação natural, com objetivo de proporcionar um ambiente salubre e termicamente confortável dentro do contexto climático que se insere, que é quente e seco. É importante ressaltar que o projeto desse edifício foi doado pelo arquiteto para a Prefeitura Municipal de São Carlos, e que ao contrário dos edifícios da Rede Sarah, onde através do Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS) o arquiteto era responsável pela execução e manutenção desses edifícios, neste caso estas tarefas ocorrem sob a responsabilidade da Prefeitura e de uma construtora externa.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o conforto térmico no período de inverno na sala de espera do ambulatório do Hospital Escola Municipal de São Carlos, e a sensação térmica dos usuários neste ambiente através de medições in loco e da aplicação de questionários aos usuários.

3 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo deste trabalho, utilizou-se como metodologia: medições da temperatura do ar e da umidade relativa interna e externa, aplicação de questionários para levantar a opinião dos usuários e avaliação do comportamento das estratégias de ventilação natural adotadas neste edifício durante os períodos mais frios.

3.1 Seleção do objeto de estudo

Selecionou-se como objeto de estudo o Hospital Escola Municipal de São Carlos, projetado pelo arquiteto Lelé, que se destaca no campo da arquitetura bioclimática (figura 1a). Em seguida, o ambiente escolhido para análise foi a sala de espera do ambulatorio por ser um local de permanência prolongada dos pacientes durante a espera pelo atendimento, por possuir aberturas de ventilação natural permanentes e também por ser o local em que se obteve a permissão para a realização deste trabalho (figura 1b).



(a)



(b)

Figura 1 – Hospital Escola Municipal de São Carlos (a) Vista geral e (b) Fachada da sala de espera (Acervo das autoras, 2010)

3.2 Medições in loco

Foi realizada uma análise quantitativa, através de medições das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco e umidade relativa, que exercem grande influência na sensação de conforto térmico. Para isto, foram utilizados como equipamento três sensores do tipo HOBO RH/temp. As medições foram realizadas simultaneamente na sala de espera do hospital e externamente ao edifício, em intervalos de 10 minutos, durante um dia no período de inverno. Os equipamentos foram colocados a uma altura de 45 cm a partir do piso, altura referente ao corpo dos pacientes sentados nas cadeiras da recepção. Foram dispostos três pontos de medição no ambiente interno e um ponto externo para referência das condições ambientais externas. A figura 2 mostra onde foram instalados os equipamentos de medição.

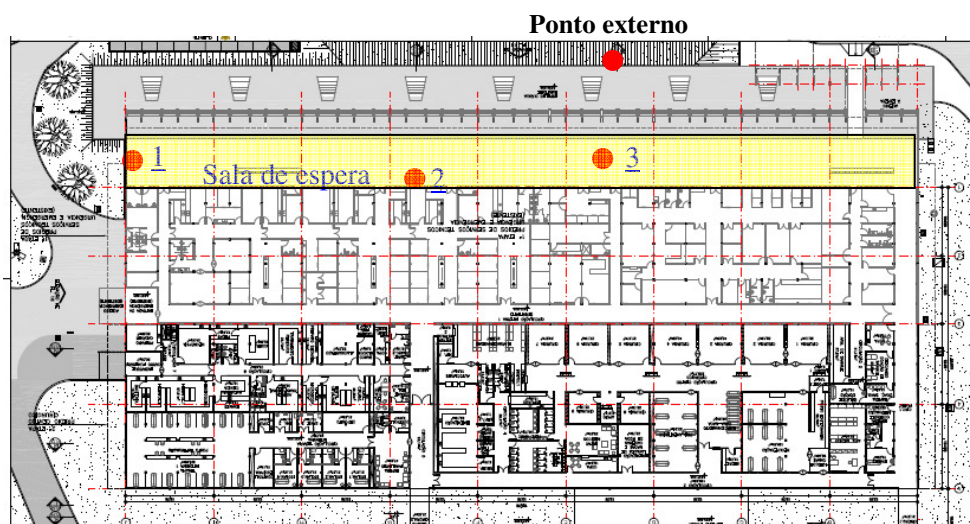


Figura 2 – Pontos onde foram localizados os equipamentos (Prefeitura Municipal de São Carlos, 2010)

3.3 Questionários

Para coleta de dados relativos à sensação térmica dos usuários, foram aplicados questionários em três intervalos de horários: no início da manhã – entre 8h40 e 8h50, no início da tarde – entre 13h05 e 13h30, e no fim da tarde- entre 16h50 e 17h05, em um período máximo de 30 minutos por período, no mesmo dia em que realizaram-se as medições quantitativas . Obteve-se a participação de grande parte das pessoas que estiveram no local totalizando 24 pessoas entrevistadas. Através da primeira parte do questionário foi possível registrar informações como sexo, idade, altura, peso, atividades que estavam sendo exercidas no momento do questionário e o nível do esforço físico. Na segunda, para avaliação da sensação de conforto térmico dos usuários, foi utilizada a escala gráfica baseada na escala de sensação térmica de 7 pontos da ASHRAE 55 (2004), presente na ISO 7730 (2005), adotada por Fanger (1970), e apresentada por Voltani (2009) através de um diagrama, conforme se apresenta na figura 3. Em seguida, baseada na mesma escala gráfica, perguntou-se qual a sensação térmica que as pessoas gostariam de estar sentindo no ambiente.

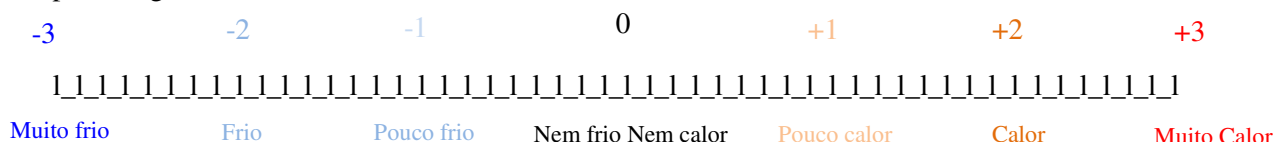


Figura 3 – Escala gráfica utilizada, adaptada da ISO 7730 (2005) e Voltani (2009)

3.4 Parâmetros para análise dos resultados

Os resultados dos questionários foram analisados através do número de pessoas que expressam satisfação com o ambiente, e adotou como base os parâmetros apresentados por Fanger (1970) e pela ASHRAE 55 (2004). Deste modo, para este trabalho considera-se o ambiente termicamente confortável e aceitável, àquele em que no mínimo 80% das pessoas expressam satisfação com o espaço avaliado.

As análises quantitativas foram realizadas relacionando os valores obtidos no ambiente externo e interno.

Buscou-se relacionar os resultados obtidos por meio dos questionários e das medições in loco, com as estratégias de conforto térmico adotadas no projeto.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Medições in loco e sensação térmica dos usuários

De maneira geral, a temperatura interna para o dia 10/05/2010 foi se elevando ao longo do dia, mantendo-se acima da temperatura externa. No entanto, tem-se uma exceção no final da tarde, às 17h00, que esteve um pouco abaixo da temperatura externa. A máxima temperatura externa atingida foi de 20,2°C às 17h00 e a mínima foi de 13°C às 09h00. Já a máxima temperatura interna atingida foi de 20,19°C às 14h00 e às 16h00 e a mínima foi de 14,68°C às 08h00, conforme apresentado no gráfico 1. A média das temperaturas externas foi de 16,38°C e a média das temperaturas internas foi de 18,4°C, marcando uma diferença de 2,02°C.

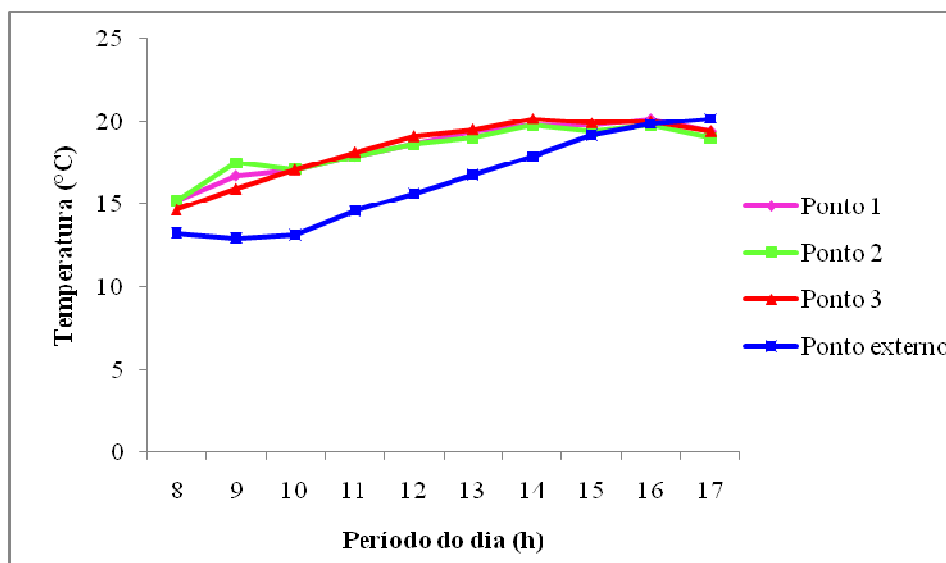


Gráfico 1 – Temperatura interna e externa medida no Hospital Escola ao longo de um dia de inverno.

Com relação à sensação térmica das pessoas, no período da manhã, 25% das pessoas entrevistadas assinalaram a opção correspondente à sensação de muito frio (-3), 62,5% à sensação de frio (-2), e 12,5% à sensação de neutralidade térmica. Já no início da tarde, 10% relataram estar com a sensação de muito frio (-3), 30% com a sensação de frio (-2), 50% com a sensação de pouco frio (-1), e 10% com a sensação de neutralidade térmica (0). No final da tarde, 16,66% das pessoas estavam com a sensação de muito frio (-3), 33,34% com a sensação de frio (-2), 16,66% com a sensação de pouco frio (-1), e 33,34% disseram estar em neutralidade térmica (0), conforme apresentado no gráfico 2.

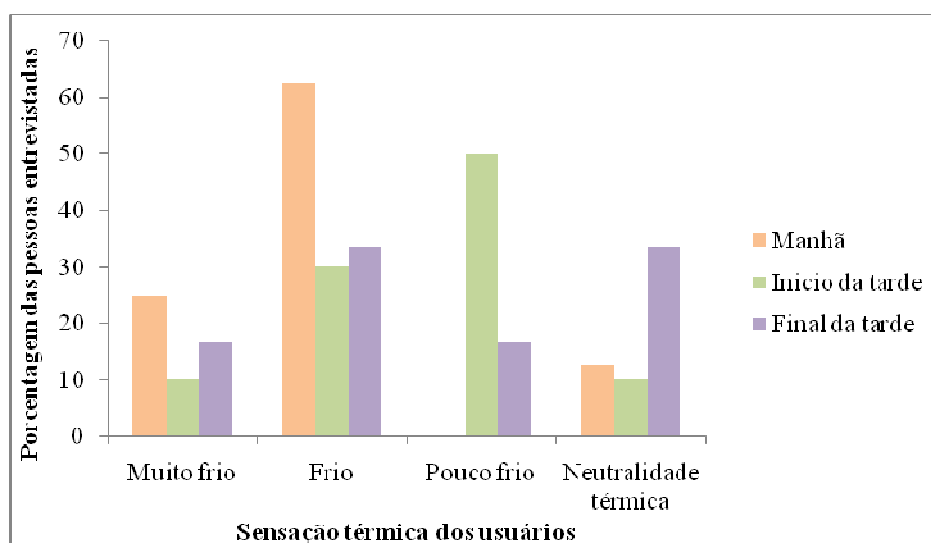


Gráfico 2 – Sensação térmica obtida pelos usuários

Pode-se perceber que durante todo o dia as respostas obtidas apontam um desconforto para o frio. No entanto o período da manhã se destaca em relação ao número de pessoas com o nível de desconforto mais distante da neutralidade térmica, totalizando 87,5% das pessoas entrevistadas com sensação de muito frio e frio. Isso se confirma com as temperaturas internas medidas que no início da manhã eram menores, atingindo a mínima de 14,68°C às 08h00. Já o início da tarde traz um quadro com alteração em relação ao período da manhã; sendo que 60% das pessoas relatam estar em neutralidade térmica ou com desconforto de pouco frio, novamente sendo compatível com as temperaturas, uma vez que a máxima temperatura interna atingida foi de 20,19°C às 14h00. No final da tarde, o número de pessoas que estão em neutralidade térmica ou com desconforto de pouco frio cai para 50% (gráfico 2).

Com relação à sensação térmica que gostariam de estar sentindo, no período da manhã 87,5% das pessoas responderam que gostariam do ambiente um pouco mais quente (+1), e 12,5% gostariam que o ambiente estivesse mais aquecido (+2). Já no início da tarde, 30% disseram que não gostariam de nenhuma alteração (0) e 70% gostariam de estar um pouco mais aquecido (+1). No final da tarde, 16,66% disseram que não gostariam de alteração nenhuma (0), e 83,34% disseram que gostariam de estar um pouco mais aquecido (+1), como apresentado no gráfico 3.

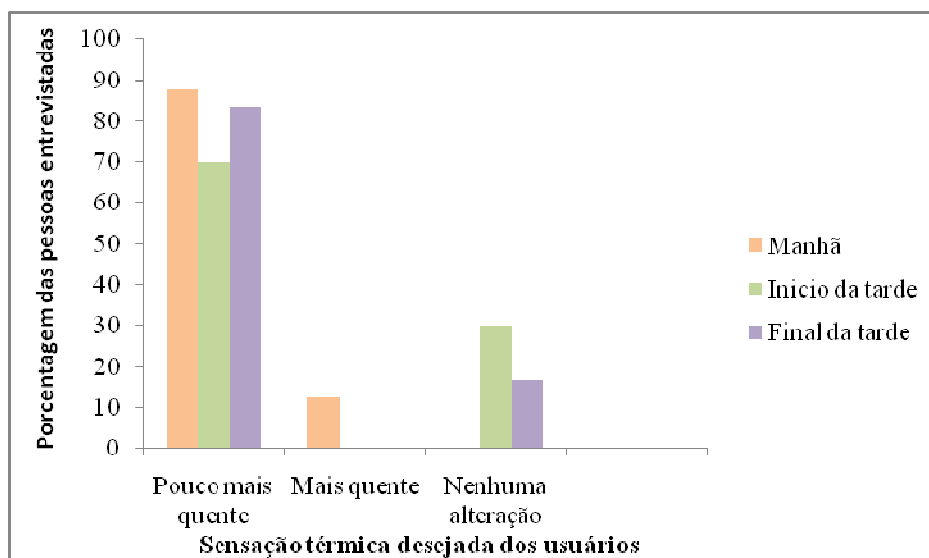


Gráfico 3 – Sensação térmica preferida pelos usuários

Apesar das temperaturas internas serem maiores que as temperaturas externas, a maioria dos usuários relata a sensação de frio, preferindo que o ambiente estivesse um pouco mais quente. Isso se dá pela existência de aberturas presentes em toda fachada sudeste, que é a fachada externa da sala de espera do ambulatório e que também é uma das orientações dos ventos dominantes da cidade de São Carlos¹. Tanto a existência de janelas basculantes na altura dos usuários, cuja localização dificulta a flexibilidade de controle pelos usuários – pela existência do espelho d’água – (figura 4a), quanto o rodapé da fachada com abertura fixa, possibilitam a entrada de ventos frios no período de inverno, sem que eles sejam barrados (figura 4b).

¹ Os ventos dominantes para a cidade de São Carlos-SP incidem da direção nordeste e sudeste.



(a)



(b)

Figura 4 – Hospital Escola Municipal de São Carlos: (a) Rodapé aberto e (b) Janelas basculantes na altura dos usuários (Acervo das autoras, 2010)

De maneira geral, a umidade relativa interna para o dia 10/05/2010 foi diminuindo ao longo do dia, mantendo-se acima da umidade relativa externa, com exceção do início da manhã, onde a umidade no ponto 2 esteve menor que a externa. A máxima umidade relativa externa registrada foi de 75,3% às 08h00min e a mínima foi de 37,8% às 14h00. Na sala de espera, a máxima umidade relativa registrada foi de 74,5% às 08h00 e a mínima foi de 55,3% às 17h00. A média das umidades relativas externas foi de 51,54% e a média das umidades relativa internas foi de 62,19%, marcando uma diferença de 10,65%, conforme apresentado no gráfico 4.

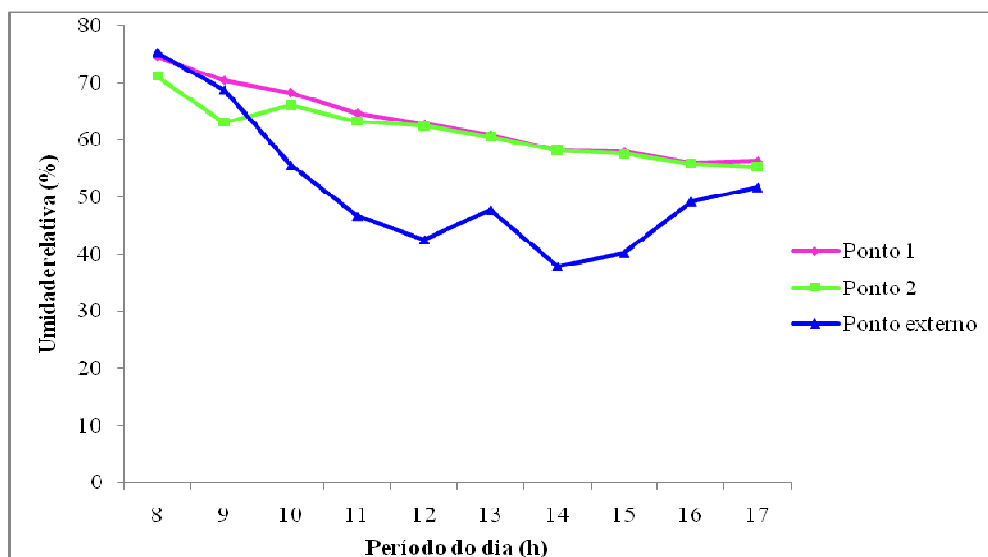


Gráfico 4 – Umidade Relativa interna e externa medida no Hospital Escola ao longo de um dia de inverno

A umidade relativa interna se manteve maior que a externa devido a presença do espelho d'água na sala de espera. Esse elemento juntamente com o paisagismo possibilita nos períodos de verão um microclima mais agradável, amenizando o calor nos períodos quentes por diminuir a reflexão do sol para as superfícies externas e refrescando os ventos naturais que incidem nas entradas de ar localizadas nessa fachada. Além disso, possui função de humanização, possibilitando um contato visual agradável para os pacientes e funcionários. No entanto, este elemento contribui para elevação da umidade relativa do ar, que no período de inverno pode contribuir para aumentar a sensação de frio obtida pelos usuários do hospital.

Os elementos arquitetônicos utilizados pelo arquiteto no edifício, como ventilação natural com resfriamento evaporativo e os tetos metálicos basculantes, podem trazer grandes contribuições para

minimizar as elevadas temperaturas presentes na maior parte do ano no Brasil. No entanto, nota-se com este trabalho, que durante o inverno a presença destes elementos podem contribuir de maneira a aumentar a sensação térmica de desconforto para o frio, principalmente através da entrada de ventos naturais constante no ambiente interno e de uma maior taxa de umidade relativa interna em relação ao ambiente externo. Contudo, deve-se ressaltar que a temperatura interna se manteve acima da externa em quase todo o período medido, e a sensação térmica dos usuários de muito frio se acentua também pelo fato de que os brasileiros estão mais adaptados com temperaturas elevadas, já que o país é de clima tropical. Além disso, todas as pessoas entrevistadas estavam sentadas, exercendo atividades de nível leve, pois estavam esperando para serem atendidas, o que não exigia nenhum esforço físico, porém uma baixa taxa metabólica, que em caso contrário poderia estar contribuindo para amenizar esta sensação.

5 CONCLUSÃO

Constata-se a grande preocupação de Lelé em utilizar soluções passivas de conforto térmico para minimizar altas temperaturas, típicas do verão que caracteriza a maior parte do ano dos países tropicais. As suas estratégias de projeto, como os espelhos d'água e as galerias para ventilação natural com resfriamento evaporativo possuem maior eficiência em períodos quentes, de verão, podendo causar desconforto térmico em período mais frios, como ocorre em São Carlos. As análises aqui apresentadas, realizadas no período de inverno, demonstram que o número de pessoas satisfeitas com a sensação térmica não reflete um ambiente termicamente confortável no período de análise, pois se encontra distante do mínimo considerado aceitável pela ASHARE 55 (2004) e adotado para este trabalho que é de 80%. Apesar da temperatura interna se manter acima da externa, apenas 16,66% das pessoas afirmam estar em neutralidade térmica e 75% das pessoas gostariam de um ambiente mais quente, relatando assim obter uma sensação de desconforto para o frio. Esta elevada porcentagem de insatisfeitos, relata um desconforto distante da neutralidade térmica, adotada na literatura por diversos autores como Fanger (1970), e ocorre com destaque para o período da manhã, onde a temperatura interna atinge o seu valor mínimo, marcando 13°C, e a umidade relativa atinge o seu maior valor, que é de 74,5%. Este desconforto também é favorecido pela presença de aberturas fixas na fachada sudeste para a integração do espelho d'água com a sala de espera, e pela dificuldade de controle das janelas basculantes presentes na fachada, que permitem a entrada constante de ventos frios.

6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Human occupancy. Atlanta, 2004.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort** – Analysis and Application in Engineering. New York: MacGraw-Hill, 1970
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 2000.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.
- KOENIGSBERGER, O. H. et al **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977.
- VOLTANI, E. R. **Avaliação do conforto térmico em indústrias de calçados**. 2009. 118p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências CAPES e FAPESP, e também aos funcionários do Hospital Escola Municipal de São Carlos.