

## O EFEITO DA VENTILAÇÃO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM PROTÓTIPO DE UNIDADE HABITACIONAL DE BLOCOS CERÂMICOS

Miriam M. SASAKI<sup>1</sup>, Miriam J. BARBOSA<sup>1</sup>, Juliano SAKAMOTO<sup>1</sup>, Jorge Daniel M. MOURA<sup>2</sup>, Andrea ZEBALLOS ADACHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept°. Construção Civil, Centro de Tecnologia e Urbanismo / UEL  
Universidade Estadual de Londrina

<sup>2</sup> Dept°. Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia e Urbanismo / UEL  
Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, km 380

Cx. Postal 6001, Londrina, PR - 86051-990 Brasil

Tel.: +55 43 371 4455, FAX: +55 43 3714082 - Email: [nobuo@sercomtel.com.br](mailto:nobuo@sercomtel.com.br)

### RESUMO

O presente trabalho verifica a correlação existente entre a velocidade do fluxo de ar interno em edificações residenciais unifamiliares com a sua área de aberturas, e temperaturas internas e externas. Para isto estão sendo monitoradas as temperaturas e a velocidade e direção do fluxo de ar interno, em um protótipo habitacional de alvenaria de blocos cerâmicos. Este protótipo, foi projetado usando as seguintes estratégias para otimizar o seu desempenho térmico: a área de ventilação foi determinada de maneira a corresponder a aproximadamente a 20% da área interna do piso, a disposição das aberturas foi definida para obter-se ventilação cruzada e dirigir o deslocamento da massa de ar aproveitando a geração natural de zonas de alta e baixa pressão, a área de entrada do ar foi calculada de forma a ser equivalente à área de saída. Com base na coleta de dados através de monitoramento, comprova-se que a diferença de temperaturas entre o ambiente externo e interno do protótipo habitacional, influencia no valor da velocidade do fluxo de ar; demonstra-se que a direção do fluxo de ar interno do protótipo apresenta diferenças com o fluxo externo e com o fluxo interno previsto, devido à criação de um microclima próprio.

### ABSTRACT

The aim of this study is to verify the relationship between the speed of the air flow and the internal and external temperatures, open areas and ventilation rate in one-family houses. This study is based on the monitoring of the speed, direction and temperatures of the internal air flow in a prototype housing unit of ceramic blocks with optimization of thermal behavior, which was obtained setting the ventilation area to be 20% of internal floor area, the positions of openings were defined according to the solar trajectory in order to obtain crossed ventilation, driving air mass from zones of high to low pressure, the entrance area of ventilation was calculated to be the equivalent of the exit area. The results of this study show that the difference of temperature between the external environment and the internal part of the prototype influences the ventilation flow rate. It is also demonstrated that the flow of the internal air of the prototype differs from both external flow and the predicted internal flow due to the creation of an independent microclimate.

### 1. INTRODUÇÃO

Profissionais de Engenharia Civil e Arquitetura empenhados em aperfeiçoar e definir novos critérios para avaliação do desempenho da ventilação natural na edificação, como a recente publicação de TOLEDO (1999), alertam para a falta de conhecimentos científicos do fenômeno da ventilação natural

nas edificações, se comparado com os existentes sobre ventilação com a utilização de equipamentos mecânicos. LAMBERTS (1997) indica a ventilação natural como uma das estratégias bioclimáticas de projeto a ser utilizada para garantir a eficiência energética de uma edificação em regiões com clima quente e úmido, característico do Brasil.

Este trabalho refere-se ao estudo do comportamento da ventilação natural em um protótipo habitacional para experimentos (ver Figura 1), construído na Universidade Estadual de Londrina.



**Figura 1 – Vista das fachadas Sul e Leste do protótipo habitacional para experimentos com alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.**

O projeto deste protótipo habitacional com área de 46,78m<sup>2</sup>, teve por objetivo um bom desempenho térmico. O sistema construtivo adotado foi em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, desenvolvido por CARDOSO (1996). As estratégias adotadas para otimizar o desempenho térmico foram: a área de ventilação foi determinada de maneira a corresponder a aproximadamente 20% da área interna do piso; de acordo com a disposição das aberturas e orientação solar, a área de entrada do ar foi prevista para ser equivalente à área de saída; o valor das transmitâncias térmicas de paredes e coberturas entraram em conformidade com as recomendações segundo LAMBERTS (1998b). É importante ressaltar que o protótipo não está habitado nem mobiliado e a ventilação no seu interior ocorre apenas nos horários de medição.

## **2. OBJETIVOS**

A presente pesquisa objetiva verificar a correlação existente entre a velocidade do fluxo de ar interno em um protótipo habitacional, com a sua área de aberturas e as temperaturas internas e externas, através dos dados coletados em monitoramento da ventilação e temperatura.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Monitoramento**

O monitoramento do protótipo está sendo realizado através das coletas de temperatura e ventilação (direção e velocidade). Os dados térmicos são coletados de hora em hora, através de equipamentos armazenadores de temperatura, HOBO TEMP/RH, que possui sensores capazes de coletar temperatura de bulbo seco e umidade relativa. Estes equipamentos possuem dimensões pequenas (4cmx6cmx2cm), e foram instalados, pendurados a 1,40 m do piso, em pontos centrais nos dois dormitórios, na sala, na cozinha e fora do protótipo em um abrigo externo, localizado nas proximidades, a Oeste do protótipo habitacional.

A ventilação foi monitorada dentro do protótipo a uma altura de 1,40m do piso, em cada vão de janelas e portas que estiverem abertas no momento da coleta de dados. Dados de ventilação foram também coletados fora do protótipo, no local onde se encontra o abrigo externo, a uma altura de 1,40m.. A ventilação no interior do protótipo ocorre apenas nos horários de medição e a condição que

define a permissão ou não da passagem do fluxo de ar para o interior do mesmo (através da abertura ou não das janelas e portas), é a sensação de conforto térmico do responsável pela coleta dos dados de ventilação nos horários previstos, que são as 9 horas, 15 horas e 18 horas. Para observar a direção do fluxo de ar, foram utilizadas fitas cortadas de sacos de lixo com 0,02 m de largura por 1,00 m de comprimento, penduradas na parte superior de cada janela ou porta, onde a movimentação das fitas permite identificar a direção do fluxo de ar em relação aos pontos cardeais e colaterais (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste) e viabiliza a medição da velocidade do deslocamento do ar, na direção correta, em cada abertura. Para a obtenção da velocidade do ar em cada abertura e no ambiente externo, utiliza-se o aparelho termoanemômetro portátil, onde definido o sentido da ventilação pelas fitas, posiciona-se o mesmo no centro da abertura e direciona-se o seu sensor no mesmo sentido do fluxo de ar para adquirir o valor da velocidade naquele instante.

Devido as mudanças no sentido do fluxo de ar no interior do protótipo num curto espaço de tempo, ressalta-se a importância de que os dados somente são coletados quando o fluxo de ar mantém a mesma direção por um período, suficiente para definir uma direção predominante no momento do monitoramento.

### 3.2 Coleta de Dados

O dados foram coletados em três períodos, primeiramente uma semana da estação de outono, 17/04/00 a 21/04/00, depois um mês da estação de primavera 13/09/00 a 13/10/00 e três meses da estação de verão 11/12/00 a 22/02/01.

Os dados coletados que se referem à direção e velocidade do fluxo de ar, foram registrados manualmente através do preenchimento de duas tabelas auxiliares. A direção do fluxo de ar nas aberturas foi determinada conforme a direção predominante em cada horário ao longo de todo o período de coleta de dados. A consideração apenas do sentido predominante não configurava o verdadeiro fluxo de ar, pois vários sentidos cardeais e colaterais podem indicar o mesmo fluxo de entrada ou de saída, como por exemplo, na janela do dormitório Leste: a entrada é caracterizada pelas direções de Norte, Nordeste e Noroeste.

A visualização do fluxo de ar de cada horário (9 horas, 15 horas e 18 horas) foi definida então, pela representação em esquema da planta baixa do protótipo, a cada tomada de dados, através de setas desenhadas em cada abertura no momento da coleta de dados, indicando a direção do vento em cada abertura. A partir das direções destas setas foram identificadas as fachadas que se caracterizavam a barlavento (pressão positiva, isto é, entrada) ou a sotavento (pressão negativa, isto é, saída). Este procedimento permitiu o registro, para cada horário, da entrada e saída do fluxo de ar e, assim, pôde-se determinar o comportamento da ventilação predominante no protótipo de blocos cerâmicos para cada período de coleta de dados.

Para se obter a velocidade, que é um valor numérico, foram calculadas as médias aritméticas primeiramente dos valores apresentados em cada horário e, em seguida, uma segunda média aritmética para se determinar a velocidade média final em cada um dos pontos de medição.

A validade da determinação do fluxo predominante e da velocidade média foi constatada nas representações reais do fluxo de ar interno dentre os coletados, com as direções e velocidades semelhantes à média calculada.

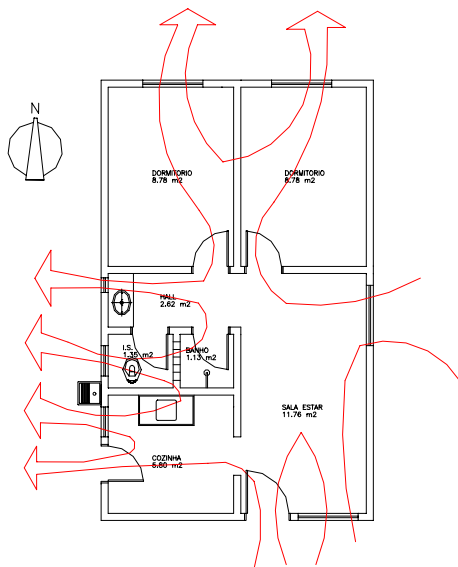
Os valores finais de temperaturas foram obtidos através da média aritmética de todos os dados de temperaturas coletados para cada horário e em cada cômodo. Os gráficos permitiram a visualização do fenômeno para uma melhor comparação entre os resultados.

## 3. RESULTADOS

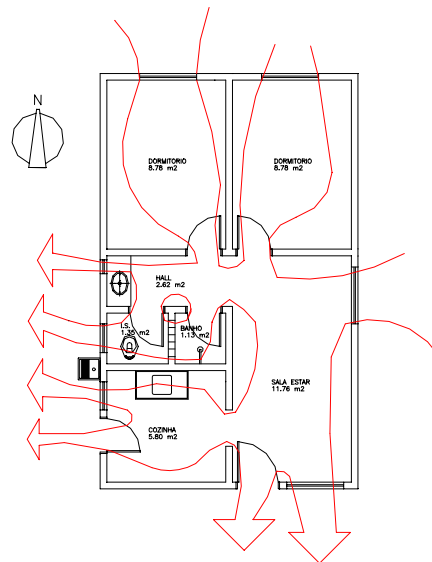
O processo de visualização do fluxo de ar e a interpretação dos dados coletados foram dividido em três períodos, primeiramente uma semana da estação de outono, 17/04/00 a 21/04/00, depois um mês da estação de primavera 13/09/00 a 13/10/00 e três meses da estação de verão 11/12/00 a 22/02/01.

Anteriormente ao monitoramento, foi previsto um fluxo de ar para o protótipo habitacional que pode ser observado na Figura 2, sendo que as entradas são configuradas de acordo com a direção predominante na região, que é Leste. A entrada do fluxo de ar pela fachada Sul (sala) foi prevista pela diferença de temperatura gerada entre as fachadas Sul e Norte (dormitórios) devido à maior insolação nesta fachada durante o dia. A configuração final do fluxo de ar para o primeiro período está representada na Figura 3, a do segundo período na Figura 4, e a do terceiro período na Figura 5.

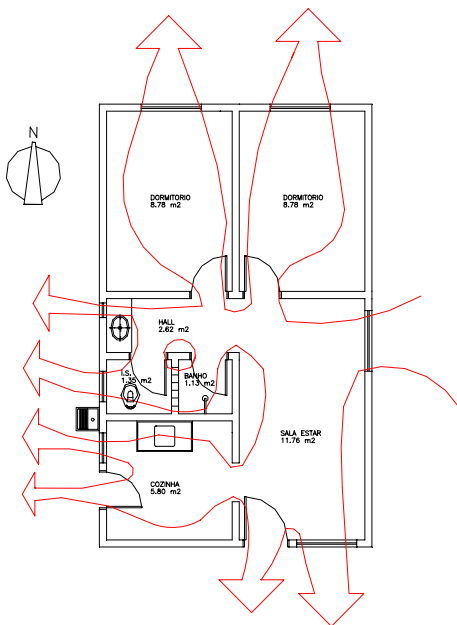
Os resultados obtidos de temperaturas para os três períodos de coleta de dados estão apresentados nas figuras 6, 7 e 8.



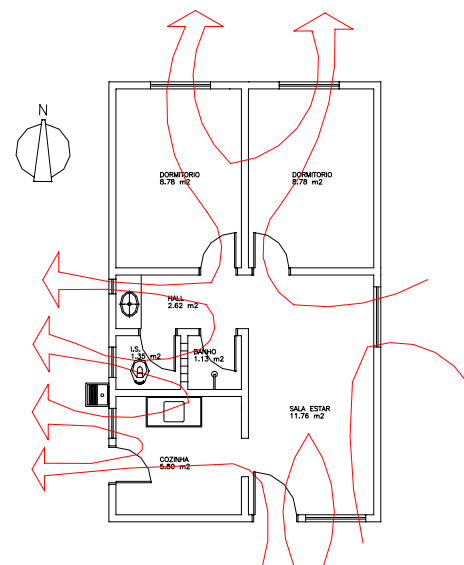
**Figura 2 – Esquema do fluxo de ar interno previsto para o protótipo**



**Figura 3 – Esquema do fluxo de ar interno no protótipo para o período de 17 a 21 de abril de 2000**



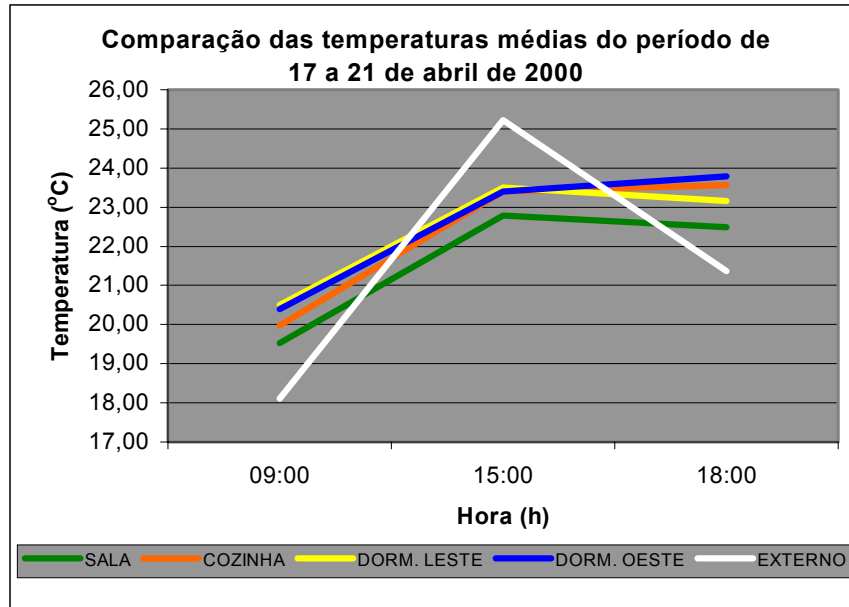
**Figura 4 – Esquema do fluxo de ar interno no protótipo para o período de 13 de setembro a 13 de outubro de 2000**



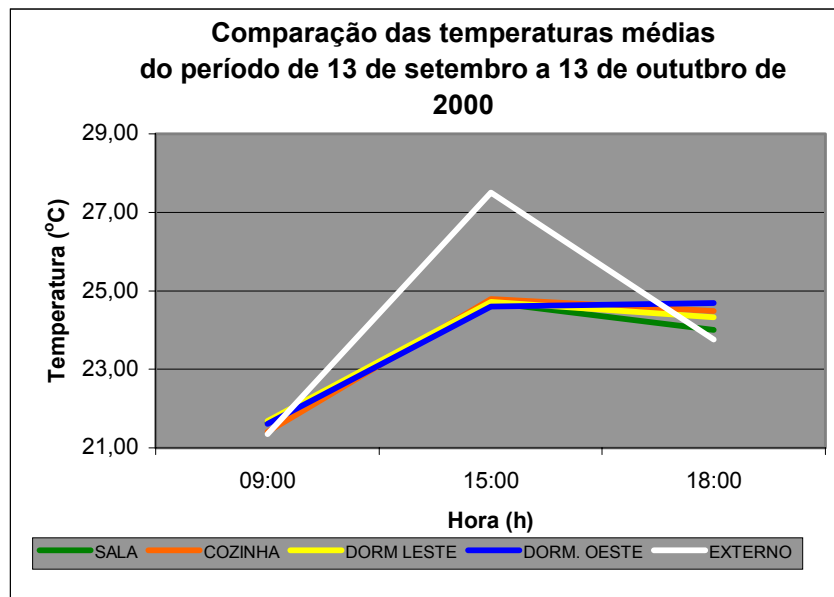
**Figura 5 – Esquema do fluxo de ar interno no protótipo para o período de 11 de dezembro a 22 de fevereiro de 2001**

**TABELA 1 – Direções do fluxo de ar apresentadas no abrigo externo nos períodos de 17 a 21 de abril, de 13 de setembro a 13 de outubro de 2000 e 11 de dezembro a 22 de fevereiro de 2001**

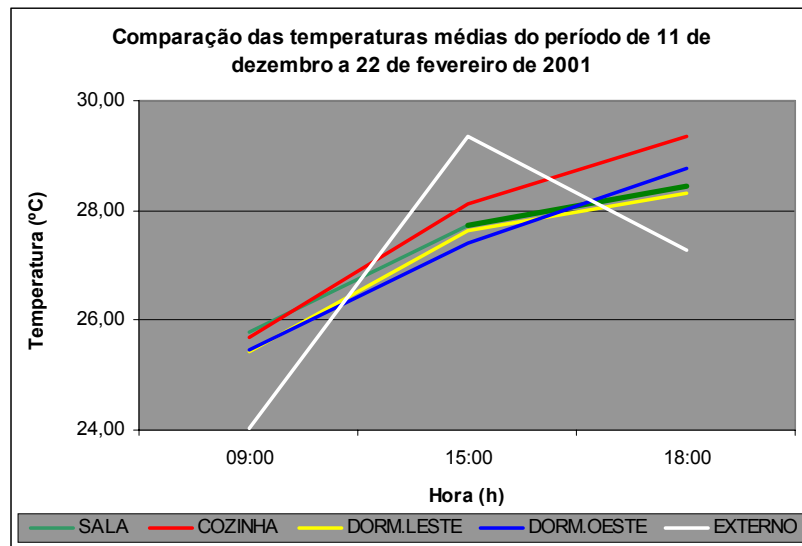
DIREÇÃO DO VENTO NO ABRIGO EXTERNO			
ESTAÇÃO	OUTONO	PRIMAVERA	VERÃO
HORÁRIO	17/04/00 a 21/04/00	13/09/00 a 13/10/00	11/12/00 a 22/02/01
9 h	Sudeste	Nordeste/Noroeste	Sul
15 h	Sul	Sudoeste	Leste
18 h	Nordeste	Noroeste	Sudoeste



**Figura 6 – Comparação das temperaturas médias apresentadas nos cômodos do protótipo e no abrigo externo no período de 17 a 21 de abril de 2000**



**Figura 7 – Comparação das temperaturas médias apresentadas nos cômodos do protótipo e no abrigo externo no período de 13 de setembro a 13 de outubro de 2000**



**Figura 8 – Comparação das temperaturas médias apresentadas nos cômodos do protótipo e no abrigo externo no período de 11 de dezembro a 22 de fevereiro de 2001**

## 4. ANÁLISES E CONCLUSÕES

### 4.1 Direção do Fluxo de Ar

Analisando-se as orientações do fluxo de ar no interior do protótipo e no ambiente externo (monitoramento do abrigo externo), conforme Tabela 1 e Figuras 3 e 4, verifica-se que a direção do fluxo interno não acompanha a direção do fluxo externo. Este fato se deve à criação de um microclima independente do entorno da construção do protótipo. Isto é explicado em função das condições consideradas de um bom desempenho térmico. Já na Figura 5, as orientações do fluxo de ar no interior do protótipo habitacional, acompanha a direção do fluxo externo e seu fluxo de ar se apresenta igual ao fluxo previsto pelo projeto, sendo este período na estação de verão.

### 4.2 Influência das Temperaturas na Ventilação

Analisando-se o gráfico das temperaturas médias apresentadas por cada cômodo do protótipo no primeiro período, percebe-se que na sala ocorrem as temperaturas mais baixas. Nos quartos e na cozinha as temperaturas são mais altas. Correlacionando-se com a velocidade do ar, observa-se que é na sala onde ocorre a maior velocidade média, e nos quartos as velocidades médias são menores e equivalentes.

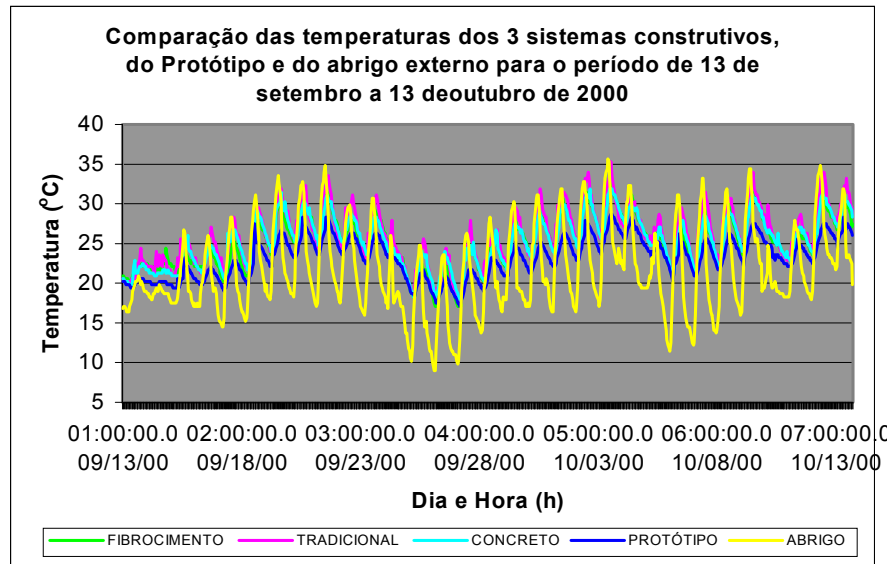
A maior diferença de temperaturas entre o protótipo e o abrigo externo ocorre na tomada de dados das 15 horas, mesmo horário em que se verificam as maiores velocidades, identificando-se assim a influência da diferença de temperaturas no resultado de velocidade do ar.

Nos últimos horários de monitoramento, das 15 horas às 18 horas, os gráficos das temperaturas expressam uma constância e, ao fim do dia, ficam bem caracterizadas. A seqüência dos cômodos de menor temperatura para a maior apresentada pelos dois primeiros períodos foi: sala, dormitório Leste, cozinha e dormitório Oeste, sendo esta seqüência um pouco diferente no terceiro período, tendo a cozinha com maior temperatura, devido a que no verão esta região recebe maior incidência de radiação solar, e a sua velocidade média do ar se apresentar menor que nos outros cômodos.

No segundo período, pode-se verificar que os valores das velocidades médias nesses cômodos crescem exatamente em sentido inverso, isto é, o dormitório Oeste apresenta a menor velocidade e a maior temperatura. À medida que a temperatura vai diminuindo, a velocidade resultante nos cômodos vai aumentando, comprovando-se a inter-relação entre a velocidade do ar e a temperatura.

### 5.3 O Efeito da Ventilação no Desempenho Térmico

O desempenho térmico do protótipo foi analisado comparando-se o monitoramento térmico do período de 13/09/00 a 13/10/00, apresentado no protótipo (temperaturas coletadas na sala), no abrigo externo e em outras três unidades habitacionais que estão sendo monitoradas em uso. Ver figura 9. Estas unidades apresentam um tipo de sistema construtivo diferente descritos como: a) sistema tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos vazados revestidos com argamassa nas faces internas e externas, compondo paredes com 14 cm de espessura; b) sistema com paredes de concreto monolítico com 10 cm de espessura; b) sistema com paredes de argamassa de 10 cm envolvendo chapa corrugada de cimento amianto. Estes sistemas são de padrão popular, com áreas variando de 20 a 50m<sup>2</sup>.



**Figura 9 – Comparação das temperaturas coletadas nos 3 sistemas construtivos, no Protótipo e no abrigo externo no período de 13 de setembro a 13 de outubro de 2000**

Para cada unidade, foram calculados parâmetros conforme LAMBERTS (1998 a), que são considerados nas metodologias para avaliação do desempenho térmico, tais como: as relações entre a área de abertura e a área de piso, as transmitâncias térmicas (U) da cobertura e das paredes e as horas de desconforto (HD), definidas como as horas em que as temperaturas estão fora do intervalo de 18°C a 29°C, de acordo com a Metodologia das Horas Anuais de Desconforto (BARBOSA, 1997).

Com os valores dos parâmetros de avaliação calculados, processou-se o critério de classificação das unidades habitacionais indicados na Tabela 2.

A relação entre a área de ventilação e a área de piso (%Aven/Apiso) recomendada é que seja superior a 20%. Como o Protótipo foi o único que satisfaz a essa condição, considerou-se para as outras três unidades habitacionais que quanto maior a relação entre as áreas de ventilação e de piso, melhor seria o seu desempenho térmico. A unidade de concreto possui a menor %Avent/Apiso, obtendo a pior classificação.

**TABELA 2 – Classificação comparativa do Protótipo e de três sistemas construtivos diferentes considerando-se parâmetros para avaliação do desempenho térmico**

Classificação	%Aventilação/Apiso	U cobertura	U paredes	Horas Desconforto
1º	Protótipo	Protótipo	Tradicional	Protótipo
2º	Fibrocimento	Tradicional	Protótipo	Concreto
3º	Tradicional	Fibrocimento	Fibrocimento	Fibrocimento
4º	Concreto	Concreto	Concreto	Tradicional

A transmitância térmica (U), sendo este um parâmetro teórico, representa a facilidade ou dificuldade em transmitir calor de uma superfície até a outra, de um componente construtivo. Então, o desempenho térmico será presumivelmente tanto melhor quanto menor for o valor desta característica. O fato da cobertura e paredes da unidade de concreto serem maciças, explicam a sua maior transmitância térmica em relação às paredes e coberturas das outras unidades. Por este motivo é que a unidade de concreto foi classificada em quarto lugar.

O único parâmetro realmente significativo foram as horas de desconforto (HD) por se tratarem de dados reais. Para a classificação das unidades, foram somadas as horas em que as temperaturas estavam fora da zona de conforto, isto é, entre 18°C e 29°C. O protótipo apresentou o menor número de horas de desconforto, sendo a unidade mais confortável, seguida da unidade de concreto, que na classificação dos outros parâmetros, foi considerada a pior entre todas. Isto pode ser explicado pela massa na unidade de concreto, conferindo-lhe maior inércia térmica.

Analisando-se a Tabela 2, constata-se que a classificação das horas de desconforto não apresentaram o mesmo desempenho esperado pelos outros parâmetros, sendo que os mais utilizados são %Avent/Apiso e a U cobertura.

A incompatibilidade dos resultados entre o monitoramento e a relação entre a área de abertura baseada na área de piso, confirma o estudo de TOLEDO, A. (1999) de que este parâmetro é insuficiente para a análise da ventilação.

Questiona-se então, a utilização de outras características para a avaliação do desempenho térmico, como o sombreamento e a inércia térmica; e para o efeito da ventilação, a taxa de ventilação e a relação entre as áreas de entrada e saída.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, M. J. *Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações residenciais*. Florianópolis, 1997. Dissertação de doutorado em engenharia de produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- CARDOSO, A. P. *Tecnologia de cerâmica vermelha do norte do Paraná aplicada na produção do componente para a alvenaria estrutural*. São Carlos, 1996. Dissertação de mestrado- Universidade de São Paulo- Escola de Engenharia de São Carlos.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.
- LAMBERTS, R. *Desempenho Térmico de Edificações: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de calor solar dos elementos e componentes de edificações*. Florianópolis: UFSC/ FINEP, 1998a. (Relatório parcial do projeto: Normalização em conforto ambiental.).
- LAMBERTS, R. *Desempenho térmico de edificações: procedimentos para avaliação de habitação de interesse social*. Florianópolis: UFSC/FINEP, 1998b. (Relatório parcial do projeto: Normalização em Conforto Ambiental.)
- TOLEDO, A. M. *Inadequação entre geometria e desempenho, nos índices para dimensionamento de vãos e aberturas para ventilação natural, a partir da área de piso*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Novembro, Fortaleza, 1999. Anais... CD-ROM.