



CARACTERIZAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM PROTÓTIPOS HABITACIONAIS A PARTIR DE LEVANTAMENTO DE DADOS REAIS

Jucélia Kuchla Vieira (1); Vanderli M. Melem (2); Miriam Jerônimo Barbosa (3).

(1) Mestranda em Engenharia de Edificações e Saneamento na UEL (jucelia@uel.br)

(2) Departamento de Estatística e Matemática Aplicada – UEL/Londrina/PR (vanderli@uel.br)

(3) Departamento de Construção Civil – UEL/Londrina/PR (mjb@uel.br)

RESUMO

Este artigo trata do monitoramento da ventilação natural em edificações com o objetivo de avaliar a sua influência no desempenho térmico das mesmas. O monitoramento foi realizado em três protótipos de edificações residenciais de padrão popular construídos com materiais distintos (blocos de concreto, concreto celular e blocos cerâmicos), existentes no Campus da Universidade Estadual de Londrina. Este monitoramento foi feito através de um método proposto, no qual os dados de direção e velocidade do movimento de ar foram coletados em 10 dias da estação de verão com o equipamento termoanemômetro. Neste período os protótipos permaneceram com suas portas e janelas abertas das 9 às 17 horas. Entre os dias 27 de janeiro e 19 de março de 2004, os três protótipos foram também monitorados quanto à temperatura e a umidade do ar com o auxílio do equipamento HOBO-Temp RH. Os dados coletados foram comparados entre as edificações tomando-se como base a edificação de blocos cerâmicos que foi concebida de acordo com as exigências de aberturas de ventilação natural do projeto de norma (ABNT, 1998) elaborado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Na análise dos resultados obtidos percebe-se que os protótipos de blocos de concreto e concreto celular tiveram um desempenho térmico inferior ao protótipo de blocos cerâmicos, pois além destes estarem prejudicados quanto ao entorno, não possuem aberturas na face oeste da edificação, o que dificulta a circulação de ar no seu interior.

ABSTRACT

This article is about the monitoring of natural ventilation in buildings, aiming at assessing its influence on the latter's thermal performance. The monitoring was carried out in three prototypes of residential buildings, existent in the Campus at Londrina State University (UEL), which have a popular pattern and were built with distinct materials (concrete blocks, cellular concrete and ceramic blocks). This monitoring was carried out through a proposed method, in which the data concerning the direction and speed of the air movement were collected in ten days during the summer with the anemotherm air meter equipment. During this period the prototypes remained with their doors and windows open from 9 a.m. to 5 p.m. From 27th January through 19th March 2004 the three prototypes were also monitored regarding the air temperature and humidity with the aid of HOBO-Tem RH equipment. Based on the ceramic block building, which was conceived in accordance with the requirements for natural ventilation openings in the standard project (ABNT, 1998) elaborated by the Federal University of Santa Catarina (UFSC), the collected data were compared between the buildings. The analysis of results showed that concrete block and cellular concrete prototypes had a thermal performance inferior to the ceramic one, because, besides being impaired as for their surroundings, they do not have

openings in the west side of the buildings, making it difficult for the air to flow in their interior.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o homem tornou-se um predador do meio ambiente buscando obter conforto e minimizar seus esforços. A obtenção do conforto através da utilização de novas tecnologias ocasionou o consumo de recursos naturais e a poluição que destrói as perspectivas de qualidade de vida no futuro. Com base neste contexto passou-se a desenvolver trabalhos para a geração de conforto, preocupando-se com a preservação do meio ambiente.

O Novo Código de Ética da Engenharia, da Arquitetura, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia que entrou em vigor no dia 1º de agosto de 2003, coloca como deveres no exercício da profissão ante ao meio ambiente o uso de preceitos do desenvolvimento sustentável, o atendimento aos princípios de conservação de energia e de minimização dos impactos ambientais e a consideração de projetos e serviços com diretrizes e disposições concernentes à preservação e ao desenvolvimento do patrimônio sócio-cultural e ambiental (NOVO CÓDIGO..., 2003).

O conforto térmico focado neste trabalho é definido segundo a ASHRAE apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2004) como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. O homem sentirá conforto térmico se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o seu corpo for nulo.

A ventilação natural tem se apresentado como um fator importante para o desempenho térmico satisfatório de edificações, principalmente em climas quentes, sendo função dos profissionais de arquitetura e engenharia projetarem de maneira adequada as aberturas das edificações (BITTENCOURT; LOBO, 1999). O correto dimensionamento das aberturas de uma edificação ocasiona uma maior sensação de conforto térmico aos usuários sem a necessidade do auxílio de condicionamento mecânico do ar, uma vez que a utilização da ventilação natural adequada é extremamente importante para a economia de energia trazendo benefícios ao meio ambiente. Outro fator importante na utilização da ventilação natural é a possibilidade de um maior conforto térmico para habitações de interesse social.

O trabalho em questão pretende traçar um perfil da ventilação natural de edificações residenciais de padrão popular através do emprego de monitoramento em protótipos reais durante a estação de verão, na cidade de Londrina, Paraná, considerando a influência do entorno e da posição das aberturas.

2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA

Segundo o Projeto de Norma para Desempenho Térmico em Edificações, desenvolvido pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil e pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina, o zoneamento bioclimático brasileiro está compreendido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima (figura 1), e para cada uma destas zonas foram estabelecidas diretrizes construtivas quanto aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para os elementos de vedação externa e estratégias para o condicionamento térmico passivo das edificações que proporcionam uma melhor adequação climática otimizando o desempenho térmico (ABNT, 1998).

A parte 3 do Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (ABNT, 1998b), que divide o território nacional em oito zonas bioclimáticas, determina que a cidade de Londrina encontra-se na Zona Bioclimática 3. Este projeto de norma recomenda que as edificações pertencentes a esta zona sigam como diretrizes construtivas ventilação cruzada no verão e uma área de aberturas para ventilação entre 15 a 25% da área de piso.

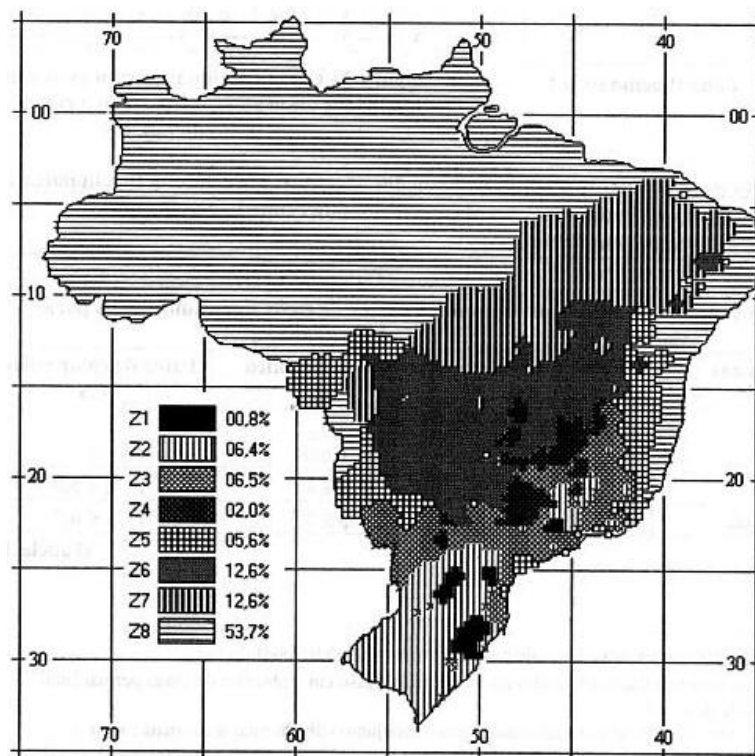


Figura 1: Zoneamento bioclimático brasileiro.

Fonte: ABNT, 1998, p. 3.

3. VENTILAÇÃO NATURAL

Ventilação natural é o deslocamento do ar em um edifício com aberturas funcionando como pontos de entrada ou saída (FROTA; SCHIFFER, 2001). Este tipo de ventilação é necessário o ano todo, sendo uma das suas principais funções remover o excesso de calor acumulado no interior das edificações (LAMBERTS; GHISI; PAPST, 2000).

A ventilação natural ocorre devido a diferenças de pressão causada pelo vento (ventilação cruzada) ou por diferença de temperatura (ventilação pelo efeito chaminé) que provocam o deslocamento do ar. A ventilação natural por diferença de temperatura baseia-se na diferença de temperaturas do ar no interior e no exterior da edificação provocando um deslocamento de massa da zona de maior pressão para a zona de menor pressão. Se existirem aberturas com alturas diferentes ocorrerá uma circulação de ar da abertura inferior para a superior que é chamada de efeito chaminé. Quanto maiores forem as diferenças entre as temperaturas, a diferença entre a altura de entrada e de saída de ar e do tamanho destas aberturas, mais forte será este efeito (LAMBERTS; GHISI; PAPST, 2000; HERTZ, 2003). Este efeito não é muito eficiente em edificações térreas e não deve ser visto como a forma mais eficiente de conforto térmico em climas quentes, principalmente no verão, pois depende da diferença de temperatura do ar interior e exterior. Para estes casos deve-se dar maior importância para a ventilação dos ambientes por efeito do vento (ação dos ventos) (LAMBERTS; GHISI; PAPST, 2000).

Para a ventilação natural por diferença de pressão causada pelo vento é necessário que os ambientes sejam cruzados transversalmente pelo fluxo de ar, este efeito é chamado de ventilação cruzada (LAMBERTS; GHISI; PAPST, 2000). Como a ventilação cruzada faz com que a temperatura interna acompanhe a variação de temperatura externa, esta não é recomendada para temperaturas externas superiores a 32°C, pois os ganhos de calor por convecção tornam esta estratégia indesejável (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). É importante aproveitar a área de alta pressão como entrada do fluxo de ar e localizar a área de baixa pressão no lado oposto do edifício para sugar o ar mais quente que sairá pelo efeito de pressão dos ventos (HERTZ, 2003).

A velocidade do vento é mais importante para o conforto do que o número de trocas de ar por hora. Para que a velocidade do movimento de ar seja maior, é necessário que as aberturas de saída possuam um tamanho maior que as de entrada. Isto contribuirá para a eficácia da ventilação. Outro fator a ser observado é a presença de obstáculos no interior da edificação, pois as mudanças de direção do vento reduzem sua velocidade.

De acordo com Frota e Schiffer (2001), obstáculos produzidos por edificações, muros ou vegetação podem inverter o sentido do fluxo de ar no interior das edificações, modificando as pressões sobre as superfícies externas (Figura 2).

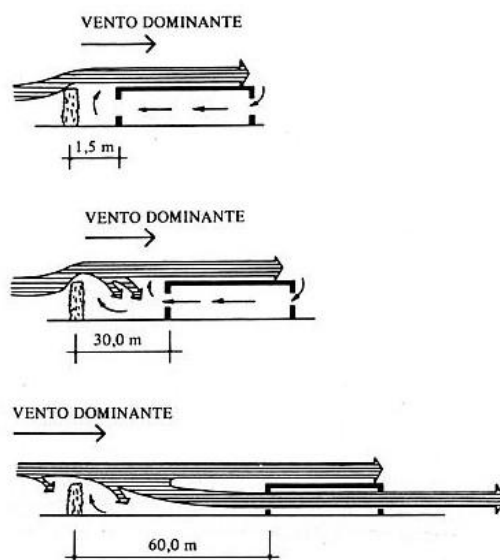


Figura 2: Influência da distância dos obstáculos com relação ao sentido da ventilação interna.

Fonte: OLGAYAY apud FROTA;SCHIFFER, 2001, p. 130.

Segundo Toledo (1999), a bibliografia sobre a ventilação natural se acha dispersa em publicações científicas ou tecnológicas de diferentes naturezas, algumas de circulação restrita aos especialistas. Enquanto encontram-se facilmente livros escritos em inglês, francês, alemão ou russo, que condensam os estudos teóricos e experimentais sobre a ventilação mecânica e expõem os métodos de cálculo das instalações e a técnica de seleção de equipamentos. Em consequência desta falta de publicações, existem deficiências no projeto de normas quanto à ventilação natural.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Objetos da Pesquisa

Para a presente pesquisa foram utilizadas três edificações construídas no Campus da Universidade Estadual de Londrina com as seguintes características:

Edificação de Blocos Cerâmicos: área de construção de 48,82m². O material utilizado para a construção foi bloco cerâmico aparente com dois furos e espessura de 13,5 cm. A cobertura é formada por laje pré-moldada de 8cm de espessura e telhas cerâmicas sem pintura, do tipo romana em duas águas. Esta edificação possui aberturas em todas as orientações, sendo as janelas de abrir compostas por dois elementos de fechamento, vidro com moldura de madeira na parte interna e madeira na parte externa e as basculantes compostas por ferro e vidro. As portas tanto internas quanto externas são de madeira. A área de abertura corresponde a 20,38% da área de piso. Esta unidade trata-se de um protótipo habitacional para experimentos, cuja caracterização térmica foi desenvolvida em conformidade com as recomendações do projeto de norma para avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais, desenvolvido na UFSC (ABNT, 1998). Para a análise dos resultados esta edificação será denominada de protótipo A.

Edificação de Concreto Celular: área de construção de 45,60m². Construída com concreto celular, rebocada e pintada na cor creme interna e externamente. A cobertura é formada por laje pré-moldada em placas de concreto com espessura de 5 cm e telhas cerâmicas em duas águas pintadas na cor creme. Esta edificação não possui aberturas na fachada oeste, o que prejudica a ventilação. As janelas são de correr composta por ferro e vidro e os quartos apresentam veneziana em ferro com aberturas para ventilação. As janelas das áreas úmidas (cozinha e banheiro) são do tipo basculante de ferro e vidro. As portas internas desta edificação são de madeira e as externas de ferro e vidro. A área de abertura corresponde a 12,39% da área de piso. A planta desta unidade faz parte do programa Casa Fácil 1.0, uma parceria do governo estadual, empresas privadas e instituições que combater o déficit habitacional do país com alternativas de alta qualidade e baixo custo na construção de casas populares. Para a análise dos resultados esta edificação será denominada de protótipo B.

Edificação de Blocos de Concreto: área de construção de 42,43 m². Construída com blocos de concreto, rebocada apenas internamente e pintada na cor creme interna e externamente. A cobertura é formada por laje pré-moldada em placas de concreto com espessura de 5 cm e telhas cerâmicas em duas águas pintadas na cor creme. Esta edificação não possui aberturas na fachada oeste, assim como a edificação de concreto celular, o que prejudica a ventilação. As janelas são de correr compostas por alumínio e vidro, possuindo também janelas basculantes nas áreas úmidas (cozinha e banheiro). As portas internas são de madeira e as externa de ferro do tipo veneziana, com abertura para a entrada de ar. A área de abertura corresponde a 13,74% da área de piso. A planta desta unidade é baseada, assim como da edificação de Concreto Celular, no programa Casa Fácil 1.0. Esta edificação será denominada de protótipo C para a análise dos resultados.

5. MÉTODO

Os protótipos, objetos do estudo, foram monitorados quanto a sua temperatura e umidade internas por 53 dias consecutivos, no período de 27 de janeiro a 19 de março de 2004. Neste mesmo período foram coletados dados de temperatura (em graus Celsius) e umidade (em %) no abrigo externo, localizado no Campus da Universidade Estadual de Londrina, próximo aos protótipos monitorados. Para a coleta destes dados foram utilizados equipamentos Hobo Temp-RH, que registram temperatura e umidade em intervalos de 1 hora.

Durante este período os protótipos permaneceram com suas portas e janelas abertas nos dias 27 e 28 de janeiro, 02, 05, 12 e 17 de fevereiro e 02, 08, 10 e 15 de março. A coleta de dados de ventilação ocorreu entre 9 e 17 horas dos dias mencionados. Nos demais dias as janelas e portas permaneceram fechadas. Nos dias em que as edificações se encontravam abertas foram coletados dados de velocidade do movimento do ar em um ponto interno e em um ponto externo de cada edificação, utilizando-se o mesmo intervalo de tempo da coleta de dados de temperatura e umidade do ar.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1. Análise Estatística dos Dados

Após o período de monitoramento, partiu-se para a análise dos dados coletados por meio de estudos estatísticos descritivos e análise fatorial. Foram feitas análises com a utilização dos dados coletados pelo equipamento Hobo Temp-RH.

Foram obtidas estatísticas descritivas dos dados de umidade e temperatura para os 3 protótipos e para o abrigo externo. As conclusões das análises estatísticas baseiam-se em um nível de significância de 5%. Pode-se concluir que a diferença entre as temperaturas médias dos dias nos quais os protótipos permaneceram abertos (média 28,277 °C) e fechados (média 26,876 °C), é estatisticamente significante,

e estes valores interagem com a hora do dia, sendo que a diferença de temperatura média entre os protótipos em dias abertos e fechados aumenta conforme as horas do dia (figura 4).

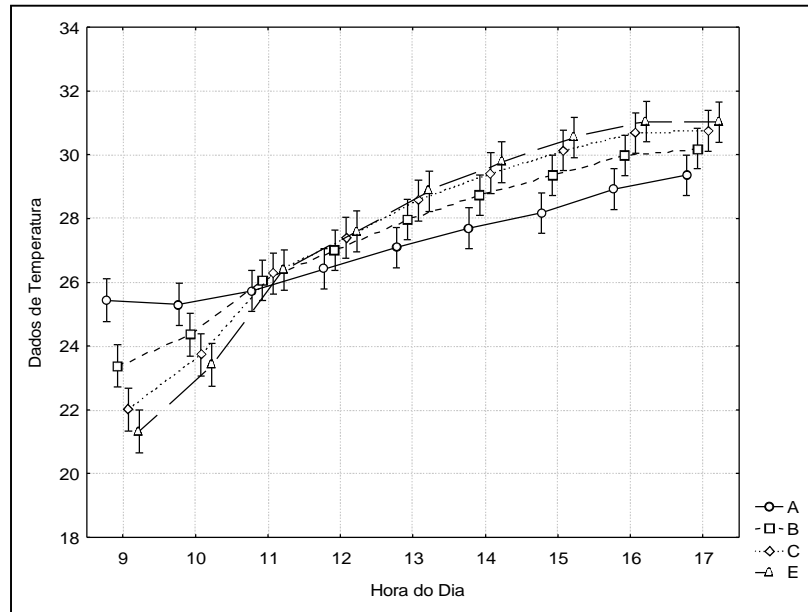


Figura 3: Gráfico da relação de temperatura média para os diferentes tipos de protótipos e temperatura externa com a hora do dia.

A temperatura média do protótipo A se mostra mais homogênea ao longo do dia e ela difere significativamente dos outros protótipos e da temperatura média externa. O protótipo B não difere significativamente do protótipo C e este não difere significativamente da temperatura média externa. No geral o protótipo C tem um comportamento de temperatura média próximo do comportamento externo.

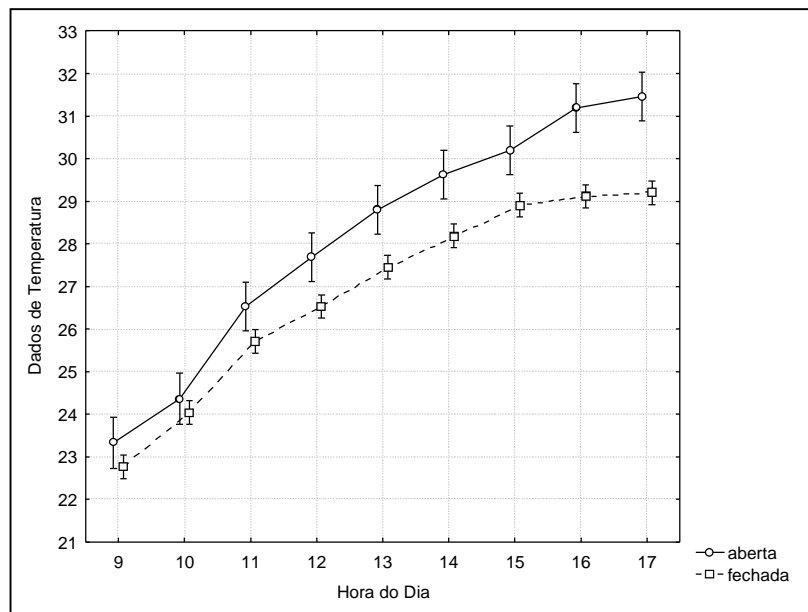


Figura 4: Gráfico da relação do aumento de temperatura média com a hora do dia para os protótipos monitorados abertos e fechados.

Antes das 11 horas, aproximadamente, a temperatura média do protótipo A se mostra maior que a do protótipo B, que se mostra maior que o protótipo C e este maior que a temperatura média no abrigo externo. Após este horário a situação se inverte totalmente, sendo a maior temperatura medida no abrigo externo, veja figura 3.

Na figura 5 verifica-se que as diferenças na temperatura média para os protótipos quando abertos e fechados se mantêm constante, as linhas contínua e pontilhada foram traçadas seguindo a posição em que as casas foram efetivamente construídas e a posição do abrigo externo. Existe diferença significativa entre as temperaturas médias dos protótipos e entre as temperaturas médias considerando os dias abertos e fechados.

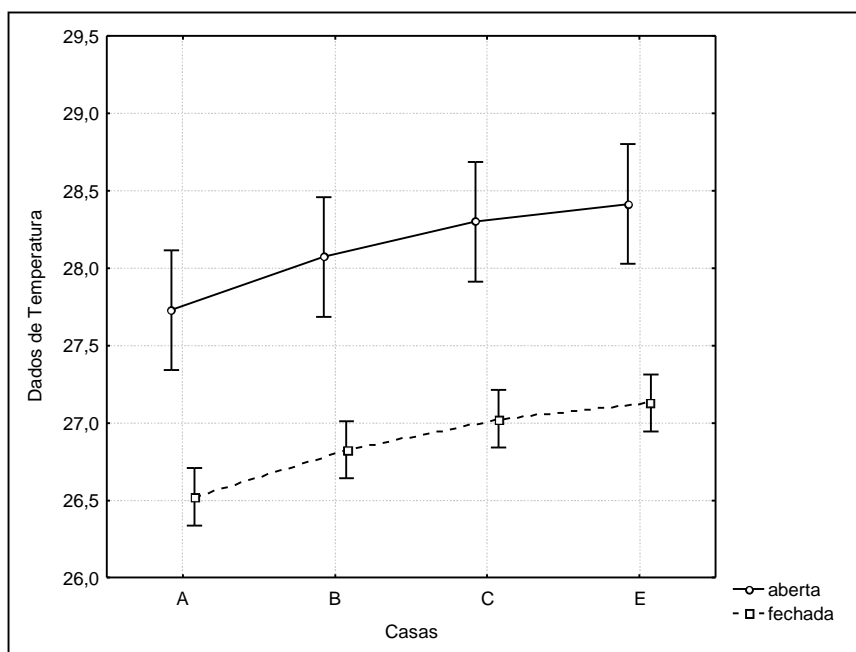


Figura 5: Gráfico da relação de temperatura média para os diferentes tipos de protótipos monitorados abertos e fechados.

As diferenças de temperatura demonstradas no teste apontam temperaturas médias mais elevadas para os 10 dias em que os protótipos estavam abertos. Pode-se observar também que a temperatura média diária mais alta coletada no período de verão ocorreu em um dia de monitoramento, no qual as portas e janelas estavam abertas.

Com relação à umidade pode-se concluir que não existem diferenças significativas entre as médias dos dados coletados para os protótipos abertos (média 56,050%) e fechados (média 57,468%), p -valor \cong 0,069181; $F = 3,31$; 1 g. l. Os valores de umidade interagem com a hora do dia sendo que estes valores diminuem com o aumento do horário do dia.

A umidade média coletada para os protótipos nos dias em que estavam abertos permanecem superiores aos dias em que os protótipos estavam fechados até as 13 horas, aproximadamente, a partir deste horário a situação se inverte, nos dias em que os protótipos estavam fechados a umidade média é superior aos dias em que os protótipos estavam abertos.

Os tipos de protótipos apresentam diferenças significativas em relação à umidade e estas interagem com os horários do dia (p -valor \cong 0,000000; $F = 8,89$; 24 g. l.) como mostra a figura 6.

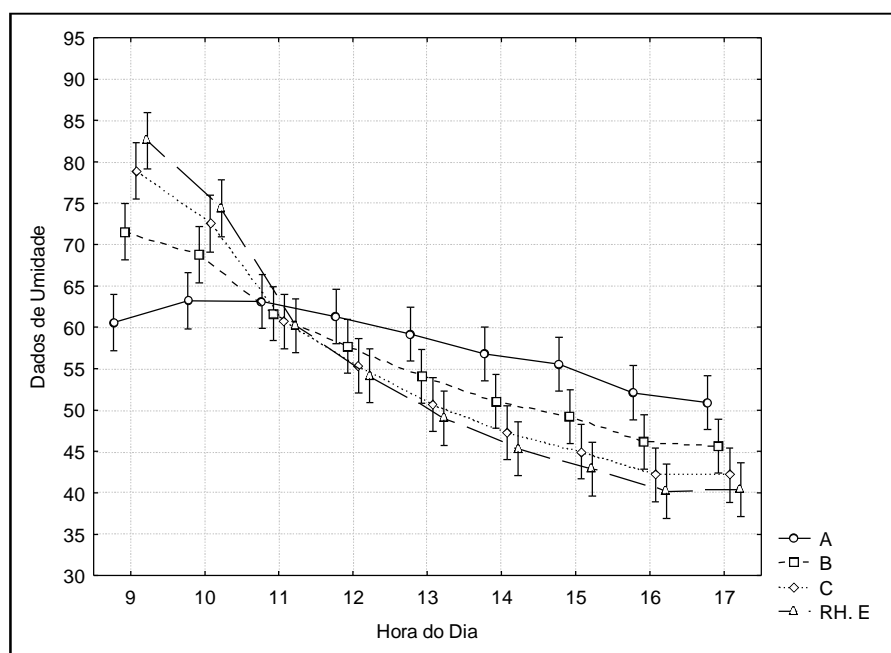


Figura 6: Gráfico da relação de umidade média para os diferentes tipos de protótipos e para a umidade média externa com a hora do dia.

Antes das 11 horas, aproximadamente, a umidade média externa se mostra maior que a do protótipo C, que se mostra maior que a do protótipo B e este maior que a do protótipo A. Após as 11 horas esta situação se inverte totalmente. Assim como na temperatura média, o protótipo A se mostra mais homogêneo ao longo do dia no que se refere à umidade média e ele difere significativamente do protótipo C e da umidade média externa. O protótipo A não difere significativamente do protótipo B. O protótipo C tem um comportamento de umidade média relativamente próximo do comportamento externo.

Considerando os dados de velocidade (em m/s) que são: velocidade interna dos protótipos A, B e C e velocidade externa dos protótipos A, B e C (designados por A interna, B interna, C interna, A externa, B externa e C externa, respectivamente) a análise de variância (que compara as médias desses seis conjuntos de velocidades) acusou a existência de pelo menos uma diferença significativa entre as velocidades médias consideradas ($p\text{-valor} \cong 0,000000$; $F = 11,8593$; 5 g. l.).

4.2. Análise dos Dados Através do Programa Analysis Bio

Com a utilização do programa Analysis Bio que indica estratégias para projeto com base na carta psicrométrica de Givoni, comparou-se as porcentagens de conforto entre os protótipos e o abrigo externo para os dias em que estes estavam abertos e os dias em que estavam fechados. Esta comparação é demonstrada na tabela 1.

Tabela 1: Comparação das porcentagens de conforto para os dias em que os protótipos estavam abertos e fechados.

LOCAIS	% DE CONFORTO DIAS DE PROTÓTIPO FECHADO	% DE CONFORTO DIAS DE PROTÓTIPO ABERTO
ABRIGO EXTERNO	44.2	35.2

BLOCOS CERÂMICOS	87.6	63.6
CONCRETO CELULAR	82.7	62.5
BLOCOS DE CONCRETO	65.6	54.5

Pode-se perceber que há uma melhoria do conforto no interior dos protótipos em relação ao espaço externo nas duas situações (protótipo aberto ou protótipo fechado), mas esta melhoria é mais significativa nos dias em que os protótipos estavam fechados. O programa também demonstra que o desconforto por calor é maior nos dias em que os protótipos estavam sendo monitorados quanto à ventilação (protótipos abertos) (61.4%) do que nos demais dias (49.7%).

4.3. Análise da Velocidade do Movimento do Ar

A velocidade média do movimento de ar coletado em um ponto no interior e em outro ponto exterior aos protótipos é apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Velocidades médias movimento de ar.

<i>EDIFICAÇÃO</i>	<i>VELOCIDADE MÉDIA INTERNA (m/s)</i>	<i>VELOCIDADE MÉDIA EXTERNA (m/s)</i>
BLOCOS CERÂMICOS	0,23	0,45
CONCRETO CELULAR	0,16	0,35
BLOCOS DE CONCRETO	0,16	0,35

Com relação a utilização do movimento do ar para uma redução aparente de temperatura, pode-se afirmar, segundo Evans apud Hertz (2003), que a velocidade deste no interior de todos os protótipos é insuficiente, sendo que apenas o de blocos cerâmicos se aproxima de 0,25 m/s, o que geraria uma redução aparente de temperatura de 0,70 °C.

Tabela 3: Aparente redução de temperatura gerada pela ventilação.

<i>VELOCIDADE m/s</i>	<i>EFEITO</i>	<i>APARENTE REDUÇÃO DE TEMPERATURA EM °C</i>
0,10	Falta de ventilação.	0,00
0,25	Significante só quando as temperaturas são baixas.	0,70
0,50	Refrescante.	1,20
1,00	Confortável, mas sempre o movimento do ar é notado. Limite superior da velocidade do ar durante a noite	2,20
1,50	Limite de velocidade dentro do edifício.	3,30
2,00	Aceitável só sob condições de alta umidade e alta temperatura.	4,20

Fonte: Evans apud Hertz, 2003.

Analisando a velocidade média interna do movimento de ar pode-se afirmar, segundo Kukreja apud Hertz (2003), que esta se mostra insignificante para o resfriamento em todas as unidades, pois em nenhum caso a velocidade foi maior que 0,25 m/s. Por outro lado, a média da velocidade do movimento do ar no exterior se mostra agradável em todos os casos, uma vez que todos ficaram entre 0,25 e 0,50 m/s.

Tabela 4: Ventilação e seus Efeitos.

<i>VENTILAÇÃO m/s</i>	<i>EFEITO</i>
Até 0,25	Insignificante.
0,25 – 0,50	Agradável.

0,50 – 1,00	Agradável, mas o movimento do ar é sempre notado.
1,00 – 1,50	Incômodo, se em corrente de ar.
Mais de 1,50	Um grande incômodo.

Fonte: Kukreja apud Hertz, 2003.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ventilação natural é uma estratégia bioclimática de grande importância para a obtenção do conforto térmico, mas é necessário que a velocidade do movimento do ar seja suficiente para resfriar o ambiente e não apenas transportar o calor externo para dentro da edificação. As velocidades médias coletadas nos protótipos que representam o estudo de caso são baixas, não permitindo assim que a troca de ar interna aconteça de maneira satisfatória quando as portas e as janelas dos protótipos estão abertas, ocasionando uma aproximação dos valores de temperatura do ambiente interno e externo. Por este motivo a temperatura média interna dos protótipos se apresentou maior quando estes estavam abertos.

Percebeu-se na análise das velocidades do movimento do ar que o protótipo de blocos cerâmicos apresentou uma velocidade maior tanto interna quanto externa em relação aos outros protótipos. Isto deve ter ocorrido devido a maior área de aberturas e a presença de aberturas na face oeste.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). *Projeto 02: 135.07-003:1998 – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. 28 p.

BITTENCOURT, L. S.; LOBO, D. G.(1999). A Influência da Localização das Aberturas na Ventilação Natural de Edificações Escolares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5. Fortaleza: ANTAC, 1999. *CDROM*

Novo Código de Ética (2003). *CREA-PR*, Curitiba, ano 6, n. 26, p.42, dez. 2003.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos (2001). *Manual do Conforto Térmico*. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel. 247 p.

HERTZ, J. B. (2003). *Ecotécnicas em Arquiteutura: Como Projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 126 p.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana Lígia (2000). *Desempenho Térmico de Edificações*. Florianópolis, 2000. p. 41-46.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay (2004). *Eficiência Energética na Arquitetura*. 2. ed. São Paulo: ProLivros. 192 p.

TOLEDO, Eustáquio (1999). *Ventilação Natural em Edificações*. Maceió: Edufal. 170 p.