



## A ARQUITETURA E O USUÁRIO NO CONTEXTO DO SERTÃO ALAGOANO

**Juliana O. Batista (1); Roberto Lamberts (2)**

- (1) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo/ PósArq – Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: juliana@labeee.ufsc.br  
(2) Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

### RESUMO

**Proposta:** Pesquisas de campo indicam que os indivíduos se adaptam às condições térmicas típicas de cada local. As preferências de conforto dos usuários, assim como o custo dos sistemas de condicionamento e os padrões de renda da população interferem nos padrões de uso das edificações, representando fatores importantes a serem considerados no projeto arquitetônico e na escolha de estratégias de condicionamento ambiental. Este artigo tem como objetivo verificar a interferência das condições de conforto nos padrões de uso de edificações residenciais diante do contexto climático, cultural e econômico do sertão alagoano, através de estudos de caso realizados em Santana do Ipanema, interior do Estado. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise de conforto dos usuários das edificações estudadas, utilizando-se o modelo do balanço térmico e a abordagem adaptativa, com o auxílio do monitoramento das variáveis ambientais e pessoais e realização de entrevistas. **Resultados:** Verificaram-se evidências da adaptação dos indivíduos ao clima local, traduzidas em seu comportamento, sensações e preferências térmicas, o que interfere no padrão de uso das edificações e, consequentemente, no seu desempenho ambiental. Podem-se citar como exemplos alguns hábitos de permanência no ambiente externo e atitudes recorrentes diante de situações térmicas desfavoráveis, evidenciando mecanismos diferenciados de aclimatação ao calor. **Contribuições/Originalidade:** A partir da visão do usuário, é possível obter informações úteis aos arquitetos durante a fase de concepção arquitetônica, visando à obtenção de projetos realmente adaptados ao clima quente e seco do sertão alagoano.

Palavras-chave: conforto térmico; aclimatação ao calor; clima quente e seco.

### ABSTRACT

**Propose:** Field studies have shown that people take adaptative measures to suit themselves to the typical thermal conditions they experience. Thermal preferences and other factors like costs related to air-conditioning systems and low income patterns of people have a direct influence on the buildings operation. It is important to consider these factors during design process to select passive cooling strategies. This work aims to verify the relationship between occupants' comfort conditions and the way they use their dwellings, according to climatic, cultural and economical context of Brazilian northeast by case studies developed in Santana do Ipanema, a hot and dry city located in Alagoas, Brazil. **Methods:** Data collection (environmental variables and subjective responses), interviews and comfort analysis by heat balance model appliance and adaptative approach. **Findings:** Evidences of heat acclimatization were identified in the subjects' behavior, thermal sensations and preferences, for example, the habit to remain outdoors at night and common actions taken when thermal comfort conditions are uncomfortable. **Originality/value:** The subjects' responses can be useful to architects during early design process, contributing to achieve an effective "response" of a building to the hot and dry climatic conditions in Alagoas.

Keywords: thermal comfort; heat acclimatization; hot and dry climate.

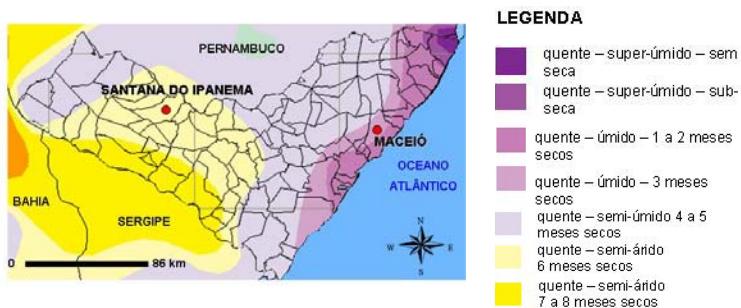
# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto climático e socioeconômico nordestino: Santana do Ipanema e o sertão alagoano

A Região Nordeste ocupa aproximadamente 18,3% do território brasileiro, com uma área de 1.561.177,8 Km<sup>2</sup>. Sua climatologia é classificada como uma das mais complexas do mundo devido a irregularidade de distribuição das chuvas, sendo possível encontrar desde o clima super-úmido no litoral até o clima seco quase desértico do sertão (NIMER, 1979).

Tal diversidade diferencia a região em relação ao restante do território brasileiro, devido à conjunção entre as peculiaridades ambientais e a desigualdade social entre os centros mais desenvolvidos, em sua maioria próximos ao litoral, e o interior. Segundo a PNAD (IBGE, 2004), a renda mensal de cerca de 53% dos domicílios na região Nordeste não ultrapassa dois salários mínimos. Esses padrões de renda afetam também as condições de moradia, dificultando o acesso a alguns bens duráveis como é o caso dos aparelhos de ar condicionado, existentes em apenas 7,5% dos domicílios brasileiros (IBGE, 2003).

No caso de Alagoas, o semi-árido ocupa 43% de seu território, a exemplo do município de Santana do Ipanema (CODEVASF, 2005) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Distante 207,3 km de Maceió, a 9°22' de latitude, 37°14' de longitude e 250 m de altitude, o município possui uma estação seca, ocupando o período entre outubro e abril, e uma estação chuvosa, entre os meses de maio e agosto. As temperaturas são elevadas, variando entre 20°C e 39°C. Os ventos predominantes advêm do quadrante leste, sendo mais freqüentes no verão as correntes perturbadas de norte (NIMER, 1979). Quanto aos padrões de renda da população, cerca de 74% da população possui renda domiciliar *per capita* inferior a meio salário mínimo (PNUD, 2000).



**Figura 1 - Mapa de climas do estado de Alagoas, destacando-se o município de Santana do Ipanema.**  
(Fonte: Adaptado de IBGE, 2005)

Diante de tal contexto climático e socioeconômico, é necessário viabilizar o atendimento às exigências de conforto térmico através de meios mais econômicos e financeiramente acessíveis do que o condicionamento artificial. Além disso, pesquisas de campo indicam que os indivíduos se adaptam às condições térmicas típicas de cada local: indivíduos que vivem em localidades de clima quente seriam capazes de “tolerar” melhor temperaturas mais elevadas do que aqueles que vivem em países de clima frio e habituados a edifícios condicionados (RORIZ, 2003). Desse modo, tanto as preferências de conforto dos usuários quanto os baixos padrões de renda da população devem ser considerados na fase de projeto arquitetônico e principalmente na escolha de estratégias de condicionamento ambiental.

## 1.2 Limites de conforto para localidades de clima quente

Nos anos 70, Fanger realizou estudos em câmaras climatizadas que serviram de base para a formulação de uma teoria de conforto térmico bastante difundida: a teoria do balanço térmico, ou modelo do PMV/PPD. Trata-se de um índice baseado no balanço térmico do corpo humano, condição na qual a quantidade de calor produzida pelo corpo é igual ao calor perdido para o ambiente. A “resposta térmica” dos indivíduos, correspondente ao voto médio preedito (PMV), é expressa através de

uma escala de sensações (ASHRAE Fundamentals cap.8 – 2001). O PPD (Percentual of Dissatisfied) está relacionado ao PMV e estabelece uma predição quantitativa do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico.

No entanto, estudos de campo indicam que esse modelo superestima a sensação de calor e encoraja o estabelecimento de limites de temperatura inferiores ao necessário, principalmente em edificações não condicionadas em locais de clima quente. A obtenção de tais limites é possível apenas com o uso do condicionamento artificial, que por sua vez apresenta elevado custo e consumo de energia, enquanto há a possibilidade de favorecer o conforto térmico por vias passivas, através do incremento do desempenho térmico do edifício. Tem-se ainda o fato que as pessoas usualmente aceitam uma grande variação de temperatura e velocidade do ar como uma situação normal. Tal argumento é o princípio básico da abordagem adaptativa desenvolvida a partir dos estudos de Humphreys no Paquistão (NICOL, 2001), a qual considera que a temperatura neutra no interior do edifício (temperatura de conforto) estaria relacionada à média mensal da temperatura externa, sendo possível obter uma equação que correlaciona essas duas variáveis.

Alguns pesquisadores têm ainda proposto ajustes no modelo do PMV/PPD para melhorar suas condições de aplicabilidade a edificações naturalmente ventiladas, através da inclusão de “fatores de ajuste” no cálculo do PMV, relacionados à expectativa dos indivíduos e à taxa metabólica, a exemplo do PMVe de Fanger e Toftum (2002), ou à influência das variáveis individuais e ambientais nos desvios do PMV em relação às sensações relatadas, como é o caso do PMV<sub>new</sub> proposto por Humphreys e Nicol, (2002).

Tais estudos reforçam a importância da busca pela satisfação das exigências de conforto térmico. Adepts da abordagem adaptativa e aqueles que defendem o modelo do PMV/PPD reconhecem a necessidade de se definir limites de conforto adequados às diversas realidades climáticas, o que está diretamente relacionado à realização de pesquisas de campo (FANGER, TOFTUM, 2002) (HUMPHREYS, NICOL, 2002). As exigências de conforto servem como parâmetros para a avaliação do desempenho das edificações e isto está implícito inclusive nas iniciativas de normalização propostas para a construção habitacional brasileira (GONÇALVES et al, 2003). Segundo Nicol (2000), os critérios estabelecidos pela normalização devem ser baseados em teorias que tenham sido testadas e comprovadas quando confrontadas aos resultados de campo. Além disso, as descobertas proporcionadas por esses estudos podem ser usadas como um “guia” útil na seleção de estratégias bioclimáticas de projeto (NICOL, 2000).

Diante da ampla diversidade climática do Nordeste brasileiro e das dificuldades socioeconômicas comuns a localidades como Santana do Ipanema, pode-se afirmar que essas estratégias bioclimáticas representam a única saída para garantir as condições de conforto no interior dos edifícios, justificando a realização de pesquisas de campo abrangentes do litoral ao sertão.

## 2 OBJETIVO

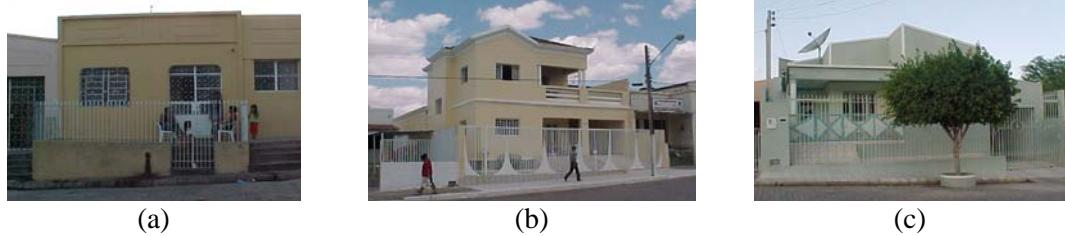
Este artigo tem como objetivo verificar a interferência das condições de conforto nos padrões de uso de edificações residenciais diante do contexto climático, cultural e econômico do sertão alagoano, através de estudos de caso realizados em residências em Santana do Ipanema, interior do Estado.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Seleção dos estudos de caso e monitoramento ambiental

Foram selecionadas para estudo residências representativas de tipologias arquitetônicas diferenciadas existentes em Santana do Ipanema: “casa em fita” (Edificação R1), implantação diferenciada no lote, com afastamentos laterais e frontais (Edificação R2), ambas naturalmente ventiladas, e uma residência dotada de condicionamento artificial (Edificação R3). O monitoramento ambiental associado a

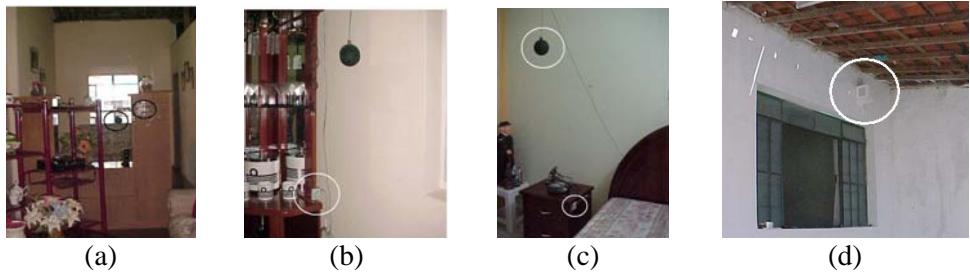
entrevistas com os usuários e registro das sensações e preferências térmicas manifestadas pelos mesmos foi efetuado durante o verão (29/01/2005 a 03/03/2005).



**Figura 2 – Edificações monitoradas: R1 (a); R2 (b); R3 (c) e C1 (d).**

Quanto ao monitoramento, foram utilizados sensores HOBO H8 RH/ TEMP/ 2 External Channels (Onset Corporation Ltda), dispostos no interior dos ambientes para medições da temperatura e umidade do ar. Foram utilizados também sensores TMC20-HA conectados aos HOBOS e inseridos no interior de globos negros a fim de efetuar registros da temperatura de globo, necessários ao cálculo da temperatura radiante média ( $T_{rmed}$ ) (Figura 3). As medições da velocidade do ar, efetuadas imediatamente após a coleta dos votos de conforto, foram efetuadas com o auxílio de um anemômetro de ventoinha. Devido às imprecisões relacionadas ao anemômetro, estipulou-se uma margem de erro para a realização do cálculo da  $T_{rmed}$ . Sempre que a velocidade do ar (var) registrada pelo equipamento foi inferior a 0,25 m/s, a  $T_{rmed}$  foi calculada adotando-se a var registrada e também a var = 0,25 m/s. Desse modo, considerou-se um intervalo de variação possível no cálculo da  $T_{rmed}$ , cujo limite corresponde ao valor mínimo da faixa de medição estipulada pelo fabricante do equipamento: 0,25 m/s.

No ambiente externo, optou-se pelo uso de um único HOBO para aquisição dos dados de temperatura e umidade, dada a uniformidade do meio urbano de Santana do Ipanema. O HOBO permaneceu acondicionado dentro de uma maquete quadrangular, posicionada sob um beiral na fachada sul de uma edificação próxima à Edificação R2.



**Figura 3 – Equipamentos posicionados no interior dos ambientes monitorados: sala de estar, R1 (a); quartos, R2 (b) e R3 (c) e Hobo posicionado no exterior da edificação (d).**

### 3.2 Aplicação do modelo do balanço térmico e da abordagem adaptativa

Nesta etapa foram determinados os índices de conforto PMV e PPD. O cálculo do PMV, bem como a determinação do PPD (Percentual de Pessoas Insatisfeitas), foram efetuados com o auxílio do programa computacional Analysis CST, desenvolvido no LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações), utilizando como dados de entrada os registros das variáveis ambientais internas e das variáveis pessoais.

Também foram aplicados os fatores de correção ao PMV. Quanto ao fator de expectativa  $e$  proposto por Fanger e Toftum (2002), trata-se de um número adimensional, estimado de acordo com a classificação da região onde o edifício se encontra. Neste estudo, adotaram-se valores de  $e$  iguais a 0,7 e 0,5, intervalo definido para regiões com poucos edifícios dotados de ar condicionado. A princípio,

para cada unidade acima de 0 na escala de valores do PMV, é considerada uma redução de 6,7% no valor da taxa metabólica a ser considerado no novo cálculo. Reduzindo-se a taxa metabólica e adotando-se o valor resultante para o novo cálculo do PMV, obtém-se o PMV ajustado de acordo com a atividade. Em seguida, multiplicando-se o valor obtido pelo fator de expectativa adequado à região em questão, obtém-se o PMVe: PMV ajustado de acordo com a expectativa (FANGER; TOFTUM, 2002). Já no caso do PMV<sub>new</sub>, o fator de ajuste D foi calculado de acordo com a equação proposta por Humphreys e Nicol (2002) (equação 1). De posse desse valor, foi então calculado o PMV<sub>new</sub>, equivalente a 80% da diferença entre o PMV calculado pelo modelo tradicional e o fator de ajuste D.

$$D_{PMV-ASHRAE} = -4,03 + 0,949 T_{op} + 0,00584(RH\%) + 1,201(MET \times Clo) + 0,000838T_{out}^2 \quad (eq.1)$$

T<sub>op</sub> = Temperatura operativa (°C);

RH% = Umidade Relativa (%);

MET = Taxa metabólica (met);

Clo = Isolamento térmico da vestimenta (clo);

T<sub>out</sub> = Temperatura externa (°C)

Os votos médios estimados – PMV, PMVe e PMV<sub>new</sub> foram comparados às respostas reais dos usuários (julgamento subjetivo), observando-se quais os coeficientes de correlação obtidos na comparação entre esses dados. Com o objetivo de identificar qual o modelo preditivo capaz de estimar as sensações de conforto dos indivíduos de forma mais próxima à realidade, fez-se também o uso de dois testes: o RMSE (Root Mean Square Error) e o MBE (Mean Bias Error). O RMSE mede a dispersão dos valores estimados em relação aos valores medidos, enquanto o MBE indica o desvio médio dos valores estimados em relação aos valores medidos (IQBAL, 1983 *apud* ABREU, 2004). De acordo com este tipo de avaliação, o modelo preditivo mais representativo da realidade será aquele que apresentar os valores de RMSE e o de MBE mais próximos de zero (ABREU, 2004).

Desse modo, buscou-se identificar indícios da aclimatação dos indivíduos ao clima quente e seco de Santana do Ipanema. Verificou-se a hipótese de que o modelo do PMV/PPD superestima as sensações e preferências de conforto, bem como a possibilidade de se obter uma melhor correspondência entre os valores preditos e a realidade constatada *in loco*, a partir da aplicação de fatores de ajuste ao PMV. Quanto à estimativa da temperatura neutra de conforto, o cálculo foi efetuado de acordo com a equação proposta por Humphreys, indicada por Nicol (2000) para o caso do Brasil (equação 2). Considerou-se uma faixa de tolerância para a temperatura neutra igual a  $\pm 2,5^\circ\text{C}$  (RORIZ, 2003). Primeiramente, com base nas sensações térmicas relatadas pelos indivíduos, os mesmos foram classificados em satisfeitos ou insatisfeitos com o ambiente térmico. Em seguida, foi observado se as temperaturas correspondentes aos votos dos indivíduos classificados como “satisfeitos” estavam condizentes com a temperatura neutra de conforto estimada.

$$Tn = 11,9 + 0,534 TME \quad (eq. 2)$$

Tn = Temperatura neutra ou temperatura média confortável em ambiente interior;

TME = Temperatura média exterior (média histórica/ mês de fevereiro).

Por fim, buscou-se caracterizar o comportamento dos usuários face às situações de desconforto térmico, a partir das respostas às entrevistas e questionários, identificando-se também períodos de “conforto” e “desconforto” térmico e aspectos culturais capazes de interferir no padrão de uso das edificações e consequentemente, na definição de estratégias bioclimáticas, tais como períodos de ventilação.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Modelos preditivos e evidências da aclimatação

Considerando-se os 29 votos médios obtidos nas residências monitoradas, a correlação entre as sensações relatadas e os votos preditos foi baixa, de modo que os coeficientes de correlação ( $R^2$ ) foram inferiores a 0,6, nas 4 predições efetuadas: PMV; PMVnew; PMVe=0,5 e PMVe= 0,7 (Figura 4). Substituindo-se as sensações pelas preferências relatadas nas comparações com os votos preditos, essa correlação é melhorada, de modo que os valores de  $R^2$  obtidos para o PMV e o PMVe ultrapassam 0,65 (Figura 5).

A amostra apresentou uma dispersão bastante acentuada dos resultados das previsões em relação às sensações e preferências dos indivíduos, de modo que os valores do RMSE ultrapassaram 0,6 (Tabelas 1 e 2). No caso do PMV, os valores do RMSE obtidos foram iguais a 0,7852 e 0,7926, respectivamente, para as comparações com as sensações e preferências térmicas relatadas. Considerando-se o ajuste proposto por Fanger e Toftum (2002) (fator de expectativa  $e = 0,7$ ), esses valores de dispersão foram reduzidos para 0,6564 e 0,6918, respectivamente. Quanto aos desvios médios dos valores preditos em relação às sensações e preferências declaradas (MBE), os menores desvios foram verificados para o PMVe=0,7: - 0,12 e – 0,07, respectivamente, em relação às sensações e preferências (Tabelas 1 e 2), aproximando-se mais dos valores reais em relação às outras 3 alternativas de previsão avaliadas.

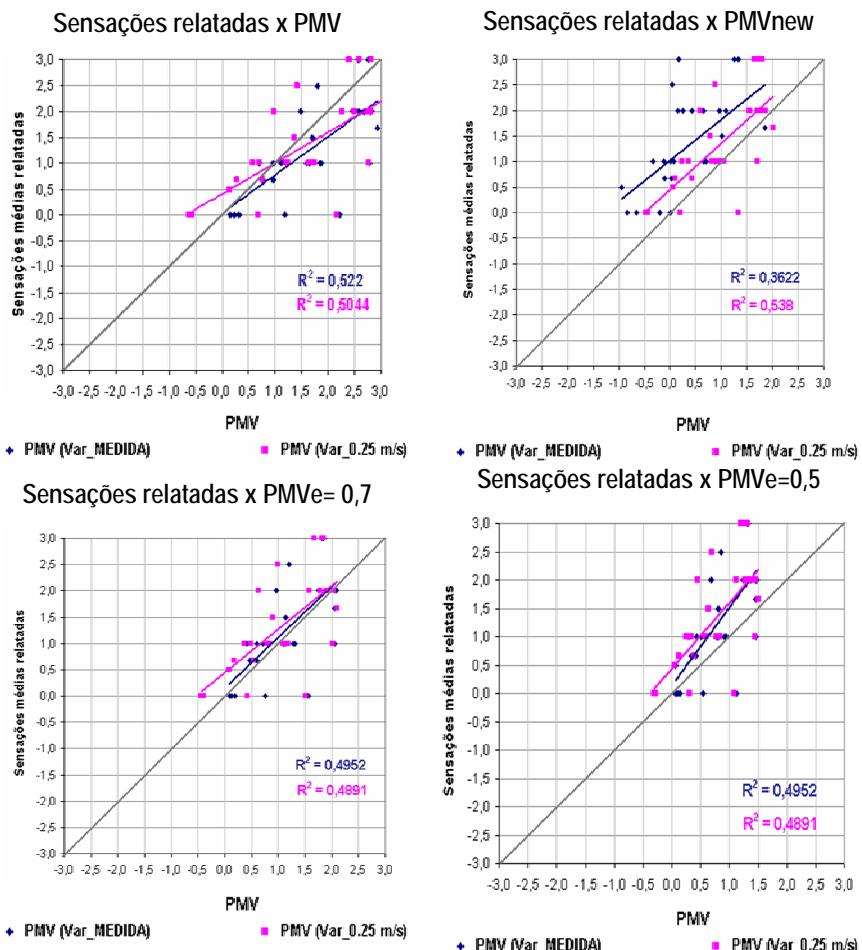
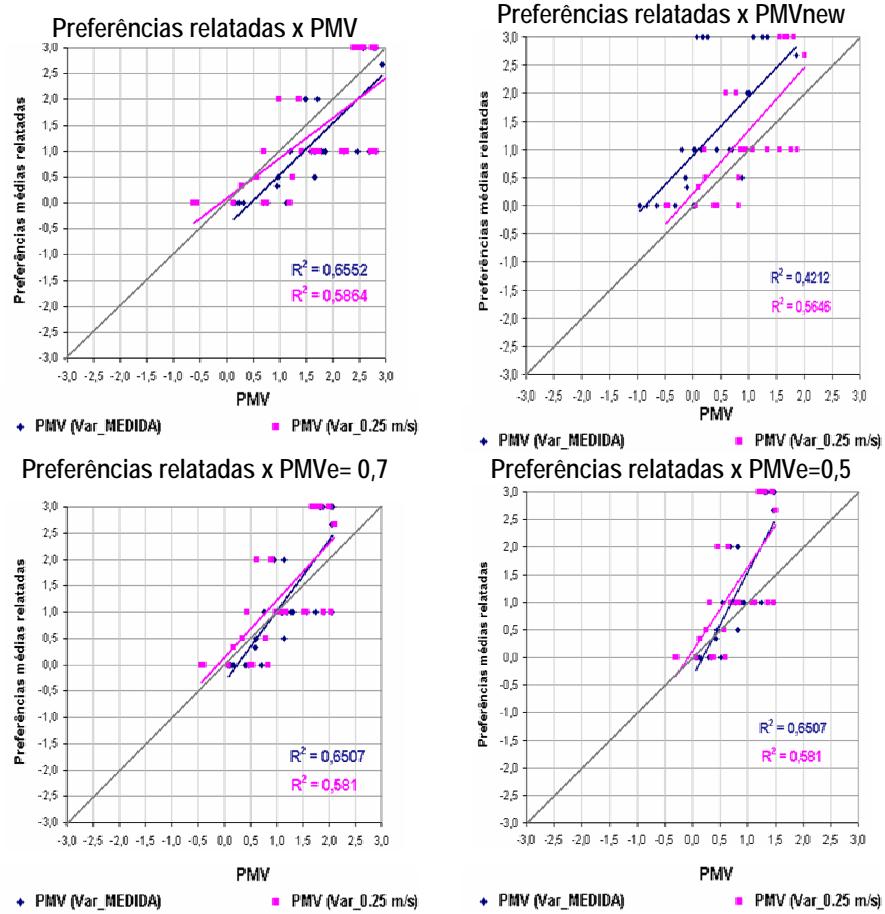


Figura 4 - Correlação entre os índices analíticos e as sensações médias declaradas nas residências.



**Figura 5 - Correlação entre os índices analíticos e as preferências médias declaradas nas residências.**

**Tabela 1 – Edificação R1 - Dispersão (RMSE) e Desvios médios (MBE): Comparação entre os valores preditos e as sensações médias declaradas.**

<b>PREDIÇÃO</b>	<b>Velocidade do ar = valor medido</b>		<b>Velocidade do ar = 0,25 m/s</b>	
	<b>RMSE</b>	<b>MBE</b>	<b>RMSE</b>	<b>MBE</b>
<b>PMV</b>	<b>0,7852</b>	<b>0,41</b>	<b>0,8001</b>	<b>0,20</b>
<b>PMVnew</b>	<b>1,2122</b>	<b>- 0,96</b>	<b>0,7271</b>	<b>-0,38</b>
<b>PMVe=0,7</b>	<b>0,6564</b>	<b>- 0,12</b>	<b>0,7139</b>	<b>-0,26</b>
<b>PMVe=0,5</b>	<b>0,8069</b>	<b>- 0,45</b>	<b>0,8063</b>	<b>-0,56</b>

**Tabela 2: Edificação R1 - Dispersão (RMSE) e Desvios médios (MBE): Comparação entre os valores preditos e as preferências médias declaradas.**

<b>PREDIÇÃO</b>	<b>Velocidade do ar = valor medido</b>		<b>Velocidade do ar = 0,25 m/s</b>	
	<b>RMSE</b>	<b>MBE</b>	<b>RMSE</b>	<b>MBE</b>
<b>PMV</b>	<b>0,7926</b>	<b>0,46</b>	<b>0,7873</b>	<b>0,25</b>
<b>PMVnew</b>	<b>1,2358</b>	<b>-0,91</b>	<b>0,8001</b>	<b>-0,33</b>
<b>PMVe=0,7</b>	<b>0,6918</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,7454</b>	<b>-0,21</b>
<b>PMVe=0,5</b>	<b>0,8702</b>	<b>-0,40</b>	<b>0,9192</b>	<b>-0,51</b>

Quanto à incerteza dos valores de velocidade do ar abaixo de 0,25 m/s, as figuras e tabelas acima indicam que não houve alterações significativas nos resultados das predições. A dispersão, os valores dos desvios médios e dos coeficientes de correlação foram diferenciados, porém tais alterações não interferiram na definição de qual o tipo de predição mais adequado.

Os resultados obtidos indicam que o PMV superestimou tanto as sensações quanto as preferências térmicas dos usuários. Embora as comparações entre o PMV e as preferências dos usuários tenham apresentado uma melhor correlação do que a comparação com as sensações relatadas, os desvios médios são próximos a 0,4, sendo que a diferença entre os valores preditos e os votos relatados tende a aumentar a medida em que o PMV se aproxima de 3.

Observou-se que os fatores de ajuste diminuem os desvios do PMV em relação aos votos relatados pelos usuários. Porém, os aspectos relacionados ao “ajuste” adequado para um índice preditivo como o PMV são passíveis de discussão. O menor desvio foi obtido pelo  $PMVe=0,7$ , apresentando também menor dispersão e melhor correlação com as preferências relatadas:  $R^2 > 0,6$ . O PMVe considera que o PMV pode ser ajustado com base na redução da taxa metabólica e no fator de expectativa  $e$ . Estes fatores estão diretamente relacionados aos mecanismos de adaptação, uma vez que a redução da taxa metabólica corresponde a redução da atividade desempenhada pelos indivíduos, enquanto o fator  $e$  representa a sua expectativa, que os levam a “aceitar” condições térmicas quando não são neutras. Ambos os aspectos refletem o comportamento dos usuários e indicam evidências da aclimatação e da adaptação dos indivíduos às condições térmicas desfavoráveis.

Tais evidências podem ser exemplificadas pelos próprios relatos dos usuários. Dentre as atitudes mencionadas como usuais diante de situações de desconforto por calor, destaca-se a busca por ambientes térmicos mais agradáveis, especialmente locais mais ventilados. No entanto, quando as condições de ventilação não são favoráveis no interior da edificação, a permanência no ambiente externo é prolongada, principalmente no período da tarde, conforme mencionado pelos usuários da Edificação R1. A ventilação foi relacionada ao conforto pelos usuários das 3 residências, sendo que a única residência considerada confortável foi a Edificação R2, a qual é caracterizada pela possibilidade de ventilação cruzada em praticamente todos os ambientes. Os usuários afirmaram também que preferem a ventilação natural ao condicionamento artificial. Na Edificação R2, há um aparelho que raramente é usado. Já no caso da Edificação R3, cujo quarto do casal é dotado de condicionador de ar, um dos usuários prefere permanecer no “alpendre” ventilado (varanda posterior) ao invés do quarto, para a “sesta” no período da tarde. Banhos repetidos e a ingestão de líquidos também foram mencionados pelos usuários como atitudes recorrentes diante do desconforto por calor. O período entre as 10h e 16h foi considerado como o mais desconfortável.

Diante desse contexto, comprehende-se a maior tolerância às temperaturas elevadas, porém sempre são tomadas medidas para amenizar as situações de desconforto térmico. Por outro lado, surgem queixas contra o calor quando a liberdade de se tomar tais atitudes é tolhida, por exemplo, diante da impossibilidade de abrir as janelas, devido a exposição à insolação excessiva ou a existência de barreiras arquitetônicas que impedem a ventilação. No período noturno, quando a temperatura externa cai abaixo da temperatura interna, dormir no interior de ambientes sem ventilação torna-se muito difícil, como é o caso da Edificação R1. Neste caso, os usuários adotam a opção de dormir no chão, próximo às aberturas voltadas para a rua. Já no caso da Edificação R2, a varanda já chegou a ser usada como local para dormir, assim como o “alpendre” da Edificação R3.

Pode-se verificar que a influência das condições de temperatura externa e interna sobre as condições de conforto está explícita nos relatos dos usuários. Tais fatores, juntamente com a vestimenta, a Umidade Relativa (UR%) e também a taxa metabólica são os elementos que definem o fator de ajuste D proposto por Humphreys e Nicol (2002), que resulta no  $PMV_{new}$ . Realizando-se as previsões através desse índice, verificou-se que os resultados deixam de ser superestimados em relação às sensações e preferências térmicas dos usuários. Porém, a correlação entre esses valores é prejudicada, pois o PMV é reduzido a tal ponto que as previsões passam a subestimar as sensações e as preferências declaradas. No caso do  $PMV_{new}$ , foram verificadas as maiores reduções dos valores preditos em relação ao PMV: desvios médios negativos, inferiores a - 0,9 (Tabelas 1 e 2). A influência da temperatura, vestimenta, taxa metabólica e umidade relativa é comprovada, porém a formulação que considera todas essas variáveis para a determinação do fator de ajuste D necessita de alterações para melhor se adequar à realidade de cada local, não devendo ser tratada como um novo “índice”, já que é derivada de uma revisão estatística (HUMPHREYS; NICOL, 2002).

Partindo-se para a abordagem adaptativa, a estimativa da temperatura neutra de conforto foi realizada considerando-se a temperatura média externa do mês de fevereiro, igual a 27,3°C (média histórica). Utilizando-se a equação de Humphreys, a Tn resultante foi igual a **26,5°C**. Este valor foi comparado aos limites de temperatura considerados confortáveis pelos usuários, nos quais fossem verificados os menores percentuais de insatisfeitos com as condições térmicas internas. Para a determinação do percentual de insatisfeitos, foram consideradas quatro hipóteses:

- **Hipótese 1:** considera como insatisfeitos todos aqueles que manifestaram sensação térmica superior a 1 (2 = com calor e 3 = com muito calor) e 50% daqueles que declararam sensação de leve calor (sensação térmica = 1);
- **Hipótese 2:** considera como insatisfeitos todos aqueles que manifestaram sensação térmica igual ou superior a 1 e mantiveram a mesma opinião quanto às preferências térmicas (1 = preferência por sentir-se um pouco mais refrescado; 2 = mais refrescado e 3 = muito mais refrescado);
- **Hipótese 3:** considera como insatisfeitos todos aqueles que manifestaram sensação térmica igual a 1 e mantiveram a mesma opinião quanto às preferências térmicas;
- **Hipótese 4:** considera como insatisfeitos todos aqueles que não se disseram confortáveis.

Observou-se que as hipóteses 1, 2 e 4 apresentaram resultados semelhantes quanto aos limites de temperatura correspondentes aos maiores percentuais de insatisfeitos. No intervalo compreendido entre 28°C e 32°C, a variação no percentual de insatisfeitos de 0% até 100% dificultou o estabelecimento de um limite inferior para a temperatura de conforto. Verificou-se também que acima dos 32°C os percentuais de insatisfeitos são maiores e que não se identificam mais votos correspondentes à satisfação com o ambiente térmico. Comparando-se este limite com o valor estimado da temperatura neutra de conforto, não se pode afirmar com precisão quais os “limites de conforto” dos usuários de edificações naturalmente ventiladas em Santana do Ipanema, mesmo atribuindo-se faixas de variação sobre a Tn correspondentes a + 2,5°C.

Pôde-se concluir que a visão do usuário transmite informações úteis aos arquitetos, as quais devem ser consideradas durante a fase de concepção arquitetônica. Constatou-se a influência das condições climáticas sobre a percepção ambiental dos indivíduos, evidenciando-se a sua aclimatação. As pessoas apresentaram-se tolerantes a temperaturas mais elevadas, no entanto isso não impedia que sempre tomassem atitudes para minimizar a sensação de calor.

Pode-se afirmar também que as diferenças verificadas entre os resultados das previsões e a realidade prática não permitem a obtenção de informações claras a respeito dos limites de temperaturas considerados confortáveis pelos usuários, tampouco “prever” de modo preciso qual será a sua sensação térmica. Por outro lado, a “gama de temperaturas” considerada tolerável é extensa, demonstrando um vasto campo para a aplicação de diversas estratégias bioclimáticas em substituição ao condicionamento artificial. Além disso, o contato efetuado durante a pesquisa de campo permitiu identificar aspectos importantes com relação às expectativas, sensações e preferências dos indivíduos, as quais poderiam influenciar na concepção do projeto ou indicar modificações necessárias na edificação.

Na visão dos usuários, o conceito de “conforto” é associado freqüentemente à ventilação. Seus efeitos são considerados mais satisfatórios em relação ao uso do condicionamento artificial, que por sua vez é limitado por representar o aumento nos gastos com energia elétrica. Dentre as atitudes recorrentes face ao calor, a busca por ambientes mais ventilados foi várias vezes mencionada. Tais “pistas” fornecidas pelos usuários permitem concluir que se devem buscar meios de resfriar o ambiente interno, segundo eles, através da ventilação. Porém, “traduzir” este desejo por meio do emprego da ventilação em larga escala no interior das edificações pode não surtir o efeito esperado pelos usuários, dadas as temperaturas externas elevadas ao longo do dia.

Cabe ao arquiteto, portanto, fazer uso do conhecimento acerca das melhores formas de adequação da arquitetura ao clima quente e seco local, por exemplo, através da criação de ambientes para dormir ao ar livre, assegurando-se a privacidade necessária. Sugere-se ainda a adoção de estratégias bioclimáticas alternativas à ventilação diurna, tais como o resfriamento evaporativo. É necessário também conscientizar os usuários acerca da existência dessas alternativas e suas potencialidades. O modo como os indivíduos manipulam os mecanismos de controle das condições de ventilação e iluminação, por exemplo, através da abertura e fechamento de janelas ou do acionamento do ar condicionado, está relacionado à percepção do espaço habitado, determinando os padrões de uso da edificação. Estes, por sua vez, têm relação direta com o seu desempenho ambiental.

Desse modo, reforça-se a necessidade de se investir em pesquisas de campo, a fim de promover a evolução do conhecimento relativo ao conforto térmico dos usuários das edificações, sob diferentes contextos climáticos. A importância desse tipo de estudo é evidenciada ainda mais diante do inter-relacionamento existente entre os parâmetros de desempenho térmico e os limites de conforto a serem considerados durante a fase de projeto, momento no qual são definidas as estratégias de condicionamento ambiental.

## 5 REFERÊNCIAS

- ABREU, A. L. P. de. Método estimativo da temperatura interna de edificações residenciais em uso. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Fundamentals:** Cap. 8: Thermal Comfort. Atlanta, 2001.
- COMPANHIA de Desenvolvimento do Vale do rio São Francisco – CODEVASF. **Percentual da área dos estados brasileiros incluídos no semi-árido.** Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acesso em: 08 novembro 2005.
- FANGER, P. O.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non ir-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, Berkley, n 34, 2002. p. 533-536.
- GONÇALVES et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: **Coletânea Habitare, v. 3, Normalização e certificação na construção habitacional.** ROMAN, H. R.; BONIN, L.C. (Ed.). 2003, p. 43-53.
- HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in everyday thermal environments. **Energy and Buildings**, v.34, p. 667 – 684, 2002.
- IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.** Síntese de indicadores 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 outubro 2005.
- IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.** Síntese de indicadores 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 outubro 2005.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.
- NICOL, F. International Standards don't fit tropical buildings: what can we do about it? In: COTEDI, 2. **Anais..** Maracaibo: 2000, p. 338-345.
- NICOL, F. **Thermal comfort.** 2001. Notes by Fergus Nicol. School of Architecture, University of North London, UK, 2001.
- PNUD. Atlas do desenvolvimento humano do Brasil. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 19 outubro 2005.
- RORIZ, 2003. Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: uma hipótese de modelo adaptativo. In: ENCAC/COTEDI, 7. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003, p. 338 - 345.