



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **POTENCIAL DE USO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS NO SERTÃO ALAGOANO: ESTUDOS DE CASO EM SANTANA DO IPANEMA**

**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:** Diversas estratégias bioclimáticas são recomendadas para aplicação na arquitetura em regiões de clima quente. Os menores custos em relação ao condicionamento artificial aliados ao favorecimento do conforto ambiental tornam seu uso uma opção interessante, principalmente para as populações nordestinas de baixa renda. O presente artigo visa avaliar o potencial de uso de estratégias bioclimáticas no sertão de Alagoas, através de estudos de caso realizados em Santana do Ipanema.

**Método de pesquisa/Abordagens:** monitoramento ambiental de residências no verão (29/01/2005 a 03/03/2005), verificando-se a aplicabilidade da ventilação, resfriamento evaporativo e uso da inércia térmica dos elementos construtivos com base nas variações diurnas e noturnas de temperatura e umidade do ar. **Resultados:** A redução na temperatura externa em relação à temperatura interna durante a noite indica a ventilação noturna como estratégia recomendável para habitações em Santana do Ipanema. As diferenças psicrométricas entre as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido indicam que o resfriamento evaporativo favoreceria a obtenção de temperaturas confortáveis durante períodos superiores a 5h diárias. **Contribuições/Originalidade:** Os resultados comprovam o potencial de uso de estratégias de condicionamento ambiental passivo, compatíveis com o padrão de renda reduzido da maioria da população do sertão, podendo-se concluir que há possibilidade de se favorecer o desempenho térmico satisfatório das edificações residenciais mesmo sob as condições rigorosas do clima local.

Palavras-chave: residências, estratégias bioclimáticas; clima quente e seco.

### **ABSTRACT**

**Propose:** There are many bioclimatic strategies that can be applied in building design for hot climates. They can achieve occupants' ambient comfort at lower costs, mainly for those who can not afford air-conditioning, like the majority of northeastern people in Brazil. This paper assesses the potential for bioclimatic strategies usage in dwellings, by a study developed in Santana do Ipanema, a hot and dry city located in Alagoas, Brazil. **Methods:** Data on air temperatures and humidity levels collected during summer (29/01/2005 – 03/03/2005) was processed for the purpose of evaluate climatic applicability of natural ventilation, evaporative cooling and thermal mass in dwellings. **Findings:** External temperatures are lower than indoors at night. It indicates that night ventilation can provide indoor comfort. Furthermore, the differences between dry and wet bulb temperatures shows that is possible reducing indoor temperatures by evaporative cooling during periods above 5 h a day. **Originality/value:** The potential of bioclimatic strategies usage in dwellings is confirmed, which can lead to design thermally acceptable buildings according to low income patterns of northeastern people in Brazil.

Keywords: dwellings, bioclimatic strategies, hot and dry climate.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O sertão alagoano e a cidade de Santana do Ipanema

O estado de Alagoas possui 102 municípios, dos quais 35 pertencem ao semi-árido, o que corresponde a cerca de 43% da área territorial do estado (CODEVASF, 2005). Dentre eles, pode-se citar Santana do Ipanema (Figura 1), localizado no sertão alagoano, distante 207,3 km de Maceió, a 9°22' de latitude, 37°14' de longitude e 250 m de altitude. Possui uma estação seca, ocupando o período entre outubro e abril, e uma estação chuvosa, entre os meses de maio e agosto. A temperatura anual varia entre 20°C e 39°C (FUNESA, 2001). Os ventos predominantes advêm do quadrante leste, sendo mais frequentes no verão as correntes perturbadas de norte (NIMER, 1979).



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

O quadro socioeconômico de Santana do Ipanema caracteriza a elevada desigualdade dos 20% dos municípios com maior índice de pobreza do Nordeste: cerca de 74% da população possui renda domiciliar *per capita* inferior a meio salário mínimo (PNUD, 2000). Os reduzidos padrões de renda da maioria da população justificam o uso de estratégias de condicionamento ambiental passivo, pois isso representa menor consumo de eletricidade e, portanto, menor custo. O conceito de condicionamento ambiental passivo abrange todos os processos e técnicas que possibilitam a diminuição das temperaturas internas através do uso de fontes naturais de energia, tais como as perdas de calor da edificação por radiação durante a noite, o resfriamento proporcionado pelo ar noturno e a disponibilidade de água para resfriamento evaporativo (GIVONI, 1994). O uso dessas estratégias também pode estar associado ao condicionamento artificial, reduzindo as cargas térmicas a serem eliminadas pelo sistema e permitindo um incremento na performance ambiental do edifício, no caso das residências de padrão mais elevado e no setor comercial (SANTAMOURIS, ASIMAKOPOULOS, 1996).

Com relação à arquitetura local, predominam as edificações naturalmente ventiladas e raramente as edificações ultrapassam a altura de dois pavimentos. (Figura 2). Nas áreas de ocupação mais recente, lotes maiores permitem o uso de afastamentos e também a abertura de janelas para ventilação. No entanto, a tipologia “casa em fita” é predominante. Esta tipologia apresenta alguns problemas de adequação climática. O pé-direito baixo e a proximidade da cobertura, geralmente sem fôrro e caracterizada pela elevada transmitância térmica, prejudicam as condições de conforto internas. Outro aspecto importante é a ausência de proteção solar nas aberturas, fundamental em climas quentes.

Considerando-se o contexto sócio-econômico do município, a utilização de tecnologias construtivas mais eficientes sob o ponto de vista do desempenho térmico alcança grande relevância, possibilitando o atendimento às exigências de conforto térmico através de meios mais econômicos e financeiramente acessíveis à população.



**Figura 2 – Aspectos da arquitetura local: residências em loteamento popular (a); bairro de classe média (b) e tipologia casa em fita (c).**

## 1.2 Estratégias bioclimáticas e o projeto de edificações em climas quentes e secos

Em regiões de clima quente e seco, o projeto de edificações, assim como o planejamento urbano, deve contemplar duas linhas de ação principais: minimizar o consumo de energia para climatização (conforto) e maximizar o uso de fontes naturais de energia disponíveis (GIVONI, 1997).

É possível minimizar o consumo de energia através da proteção contra a radiação solar, favorecendo a redução das cargas térmicas (GARCÍA-CHAVEZ, 1999). Isto está diretamente relacionado ao envoltório da edificação: orientação das fachadas principais e janelas; sombreamento das aberturas; cor das paredes e telhados; propriedades térmicas dos materiais construtivos (GIVONI, 1994). O objetivo do projeto deve consistir em diminuir a temperatura do ar e das superfícies internas em relação à temperatura externa elevada (GIVONI, 1997).

O resfriamento da edificação também pode ser favorecido pelo uso de fontes naturais de energia, através da aplicação de **estratégias bioclimáticas**. Desse modo, torna-se possível prevenir e “modular” os ganhos de calor da edificação, favorecendo a adaptação da mesma às condições ambientais externas (SANTAMOURIS, ASIMAKOPOULOS, 1996). O aproveitamento da ventilação e o uso do resfriamento evaporativo, por exemplo, são recursos simples e baratos que podem trazer resultados bastante satisfatórios sob o ponto de vista do conforto térmico (GIVONI, 1997).

As elevadas temperaturas externas restringem o uso da ventilação durante o dia em climas quentes e secos, uma vez que em ambientes naturalmente ventilados a temperatura interna e de suas superfícies constituintes tende a se aproximar da temperatura externa (SANTAMOURIS, ASIMAKOPOULOS, 1996). Por outro lado, com a queda da temperatura externa durante a noite, a ventilação torna-se desejável, favorecendo o resfriamento da estrutura do edifício. Caso o edifício possua inércia térmica considerável e seja bem sombreado, é possível reduzir a amplitude térmica diurna em relação ao exterior e também a temperatura máxima interna com o uso da ventilação noturna. Nesse caso, o uso da massa térmica para resfriamento também pode ser classificado como uma estratégia bioclimática.

O resfriamento evaporativo é outra estratégia recomendável para climas quentes e secos, nos quais a temperatura do ar é bastante elevada e a umidade é baixa. Quanto maior a diferença psicrométrica entre as temperaturas externas de bulbo seco (TBS) e de bulbo úmido (TBU), denominada dTBU, maior o potencial de resfriamento alcançado. Esta estratégia tem como princípio a evaporação da água e a troca de calor sensível por calor latente que ocorre entre o ar e a água, resultando na redução da TBS. O resfriamento evaporativo pode ser indireto, quando se dá através do resfriamento de um elemento da edificação (paredes, cobertura) que assume a função de absorver o calor que penetra na mesma ou é gerado internamente (GIVONI, 1994). Também pode ser direto, quando o ar resfriado por evaporação é introduzido no ambiente interno através de equipamentos mecânicos ou de forma natural, com o auxílio do vento, diferença de temperatura, *sprays* ou torres de resfriamento passivo. O consumo de energia dos equipamentos mecânicos destinados ao resfriamento evaporativo, por sua vez, é muito inferior ao dos condicionadores de ar convencionais, pois a energia necessária destina-se apenas à operação dos ventiladores e pequenas bombas de água (SANTAMOURIS, ASIMAKOPOULOS, 1996).

Quer sejam usadas isoladamente ou combinadas ao condicionamento artificial, o uso de estratégias bioclimáticas é limitado por uma série de fatores: condições climatológicas locais (variações de temperatura, umidade do ar, velocidade dos ventos), tipo de edificação e também pelos padrões de uso e aclimação natural do usuário (GIVONI, 1997). Destacam-se ainda implicações técnicas e sócio-econômicas (reformas, custos de execução e manutenção de certos dispositivos *versus* padrões de renda reduzidos). O conhecimento integrado acerca desses aspectos representa para o arquiteto um maior respaldo para selecionar estratégias bioclimáticas, dentre aquelas que apresentem maior probabilidade de favorecer o desempenho térmico satisfatório da edificação.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o potencial de uso das seguintes estratégias bioclimáticas recomendáveis para o clima quente e seco: ventilação noturna, uso da massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo. Para tal, foram realizados estudos de caso em Santana do Ipanema, sertão de Alagoas.

## 3 METODOLOGIA

O método adotado se baseou na verificação da aplicabilidade da ventilação, resfriamento evaporativo e uso da inércia térmica dos elementos construtivos, com base nas variações diurnas e noturnas de temperatura e umidade registradas durante o monitoramento ambiental de residências no verão.

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

Foram selecionadas para o monitoramento ambiental duas residências: a Edificação R1, representativa da tipologia “casa em fita” (Figura 3) e a Edificação R2 (Figura 4), representando um contraponto à horizontalidade e à forma de implantação no lote da outra tipologia. O sistema construtivo empregado em ambos os casos é a alvenaria de tijolos maciços, apresentando paredes internas com 15 cm de espessura e paredes externas com espessuras iguais a 27 cm e 30 cm, respectivamente, para as edificações R1 e R2.

A Edificação R1 possui cobertura em telha de barro sem fôrro (telha colonial) e aberturas apenas nas fachadas frontal e posterior, a qual é voltada para um quintal nos fundos do lote. O ambiente escolhido para a realização do monitoramento foi a sala de TV, pelo fato de ser um local de permanência prolongada. A edificação R2 possui aberturas em todos os ambientes, com possibilidade de ventilação cruzada. Quanto à cobertura, possui fôrro em laje de concreto e telhas de barro tipo colonial. O ambiente monitorado neste caso foi um dormitório localizado no pavimento térreo.

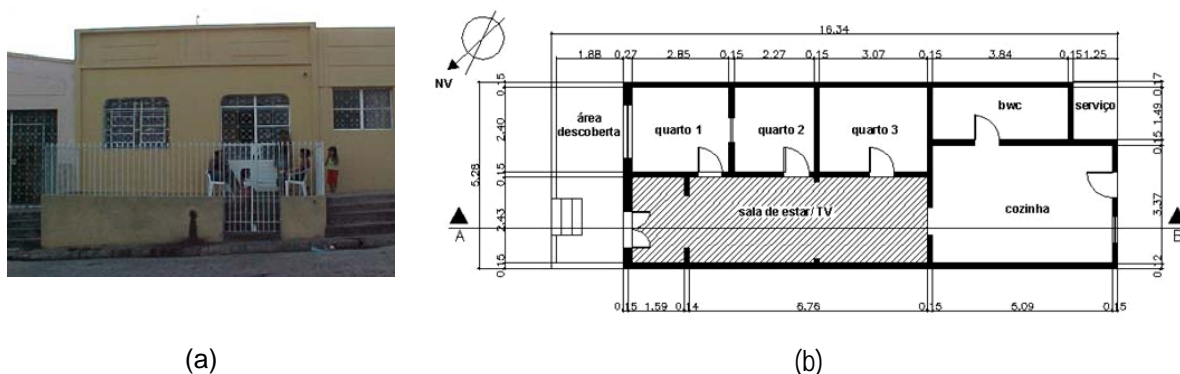
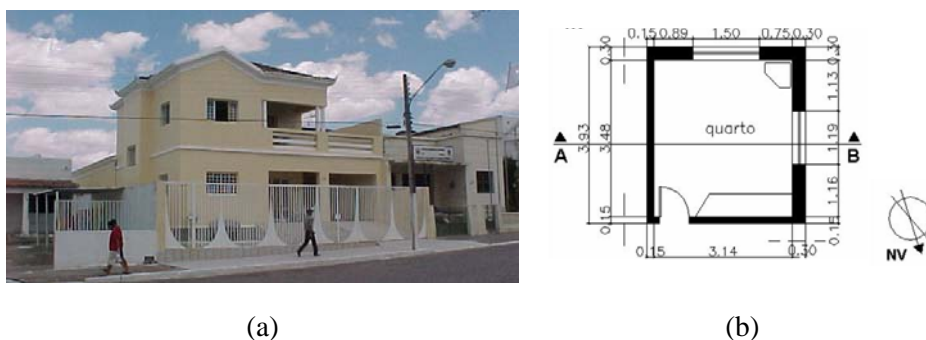


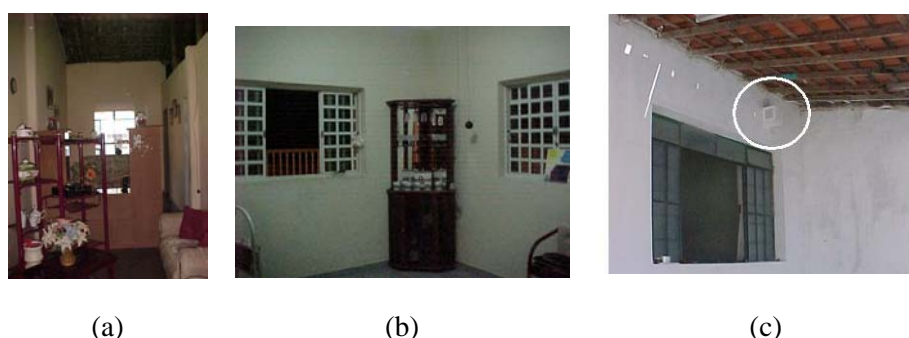
Figura 3 – Edificação R1: fachada frontal (a) e planta baixa, destacando-se o ambiente monitorado (b).





**Figura 4 – Edificação R2: Vista externa (a) e planta baixa do ambiente monitorado (b).**

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. 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. O período de monitoramento estendeu-se durante 34 dias: 29/01 a 03/03/2005.



**Figura 5 – Ambientes monitorados na Edificação R1 (a) e Edificação R2 (b) e maquete com HOBO posicionada no ambiente externo (c).**

### 3.2 Avaliação do potencial de uso das estratégias bioclimáticas

O potencial de aplicação das estratégias de condicionamento ambiental foi avaliado com o auxílio do programa Analysis Bio, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). O programa Analysis Bio é baseado na carta bioclimática proposta por Givoni para países em desenvolvimento (GIVONI, 1992) e no método proposto por Watson e Labs (1983). Através do programa, é possível inserir na carta psicrométrica os dados de temperatura e umidade relativos a um determinado local, verificando-se qual a porcentagem de horas anuais em que cada estratégia de bioclimática é mais apropriada (ANALYSIS BIO, 2003). Foram gerados arquivos climáticos a partir dos dados do monitoramento das condições ambientais externas e internas realizado durante o período compreendido entre 29/01 e 03/03/2005. Em seguida, os dados foram inseridos na Carta Bioclimática com o auxílio do programa Analysis Bio, identificando-se quais as estratégias bioclimáticas mais adequadas para Santana do Ipanema.

O detalhamento dessas estratégias pôde ser mais bem aprofundado mediante a comparação entre os dados do monitoramento e os limites de aplicação de cada estratégia, citados na literatura especializada (SANTAMOURIS, ASIMAKOPOULOS, 1996) (GIVONI, 1994), (GIVONI, 1997). Desse modo, foi possível identificar os períodos nos quais cada uma delas seria aplicável (total de

horas e sequência de dias). Os limites impostos à aplicação de cada uma dessas estratégias podem ser expressos sob forma de pré-requisitos relativos às condições ambientais e características construtivas das edificações (variáveis de projeto) conforme indicado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Critérios para avaliação do potencial de uso de estratégias de condicionamento passivo em regiões quentes e secas. (Fonte: Adaptado de GIVONI, 1994).**

Estratégia	Condicionantes para aplicação	
	Pré-requisitos (variáveis ambientais)	Variáveis de projeto relacionadas
<b>Ventilação diurna</b>	$T_{EXT} < T_{INT}$ $T_{EXT} < 28^{\circ}\text{C}$ $V_{AR}: 2 \text{ A } 3 \text{ m/s}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberturas: dimensionamento, orientação, proteção solar</li> </ul>
<b>Ventilação noturna/ massa térmica para resfriamento</b>	$T_{EXT} < T_{INT}$ $T_{EXT - DIA} < 36^{\circ}\text{C}$ $T_{EXT - NOITE} < 20^{\circ}\text{C}$ $V_{AR}: 2 \text{ A } 3 \text{ m/s}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberturas: dimensionamento, orientação, segurança.</li> <li>• Elementos construtivos (paredes e coberturas): Inércia térmica</li> </ul>
<b>Resfriamento evaporativo direto</b>	$TBU_{MAX - EXT} < 24^{\circ}\text{C}$ $TBS_{MAX - EXT} < 44^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachadas: contato com o ambiente externo</li> <li>• Instalações: consumo de água</li> </ul>
<b>Resfriamento evaporativo indireto</b>	$TBU_{MAX - EXT} < 25^{\circ}\text{C}$ $TBS_{MAX - EXT} < 46^{\circ}\text{C}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura: reforço da estrutura (cargas) + impermeabilização perfeita</li> <li>• Elementos construtivos (coberturas): condutividade térmica + isolamento térmico (“removível”)</li> </ul>

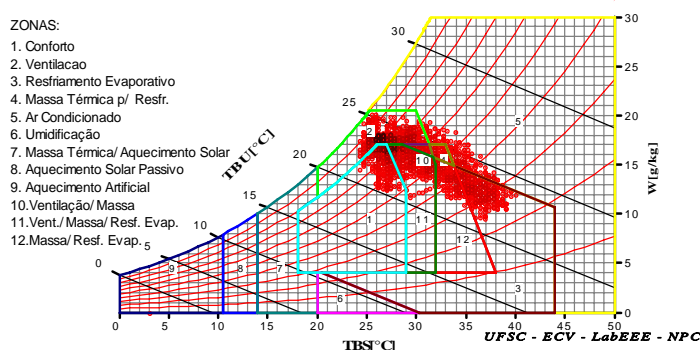
## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Percentuais de horas relacionados à aplicação das estratégias bioclimáticas

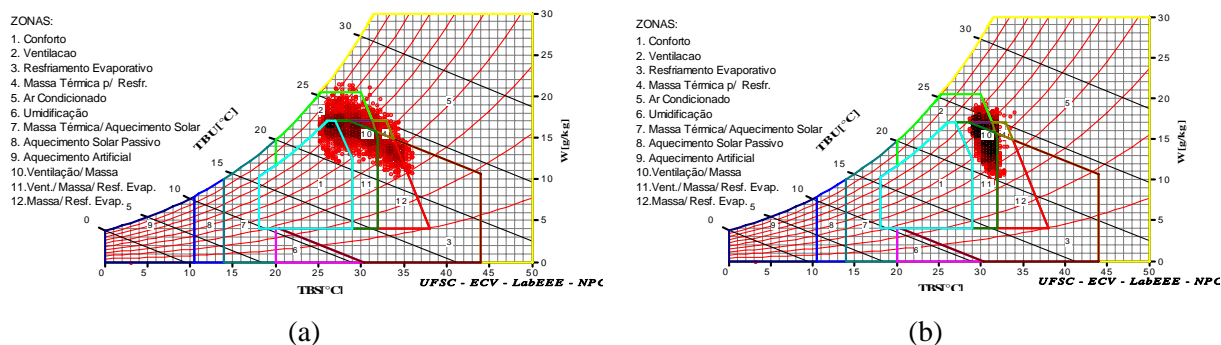
A análise efetuada com o auxílio do programa Analysis Bio, a partir dos dados do monitoramento ambiental externo, indicou que a ventilação, o uso da massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo seriam as estratégias mais indicadas para favorecer o resfriamento das temperaturas internas durante o verão (Figura 6). Considerando-se o período compreendido entre 29/01 e 03/03/05, os percentuais de horas nas quais essas três estratégias poderiam ser aplicadas corresponderiam respectivamente a 51,5%, 33,5% e 45%. Se por um lado o percentual de horas de conforto foi bastante reduzido, igual a 15%, apenas em 7% das horas consideradas o conforto poderia ser favorecido unicamente através do condicionamento artificial. Isso indica que as estratégias de condicionamento ambiental passivo apresentam um grande potencial de utilização no projeto arquitetônico.

Inserindo-se os dados do monitoramento ambiental realizado no interior das edificações, é possível identificar o enquadramento das condições de temperatura e umidade aos limites da zona de conforto proposta por Givoni. No caso da Edificação R1, observou-se que em apenas 17,5% das horas as condições internas poderiam ser consideradas adequadas (Figura 7a), identificando-se claramente a necessidade de modificações nessa edificação para amenizar o desconforto dos usuários, pois as condições internas são quase tão desfavoráveis quanto as condições externas. Quanto às estratégias bioclimáticas, destacam-se a ventilação, o uso da massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo, cujos percentuais de horas em potencial para a utilização corresponderiam respectivamente a 56,2%, 55% e 50,7%. No caso da Edificação R2, observa-se que os dados do monitoramento referente a todo o período considerado encontram-se fora da zona de conforto (Figura 7b), devido ao fato de que o ambiente em questão foi mantido com as janelas fechadas, contribuindo para a elevação da temperatura, durante todo o período de monitoramento. Quanto às estratégias

identificadas através da Carta, novamente destacaram-se a ventilação, o uso da massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo, cujos percentuais de horas de utilização corresponderiam respectivamente a 93,8%, 84,8% e 71,3%.



**Figura 6 – Estratégias de condicionamento ambiental passivo indicadas para Santana do Ipanema. Dados do monitoramento ambiental externo, período compreendido entre 29/01 e 03/03/2005.**



**Figura 7 – Estratégias de condicionamento ambiental passivo indicadas para Santana do Ipanema: (a) Edificação R1 e (b) Edificação R2, período compreendido entre 29/01 e 03/03/2005.**

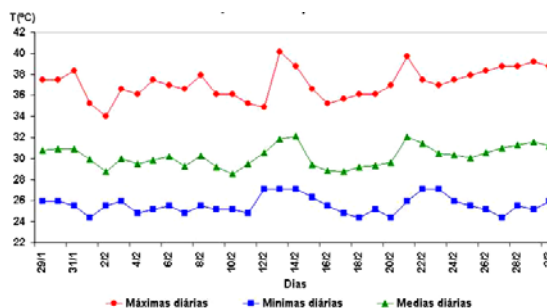
Com base nos dados apresentados acima é possível obter indicações sobre quais estratégias de condicionamento ambiental deveriam ser priorizadas em Santana do Ipanema: ventilação, massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo. Para se avaliar de forma mais aprofundada o potencial de aplicação das opções apresentadas, é importante determinar quais os horários em que o uso dessas estratégias poderia ser eficaz e se as temperaturas do ar externo se mantêm sob limites suficientes para o emprego das mesmas. Tal avaliação é apresentada a seguir, com base nos limites de aplicabilidade de cada estratégia descritos por GIVONI (1994) e GIVONI (1997), indicados na Tabela 1.

## 4.2 Potencial de uso das estratégias bioclimáticas

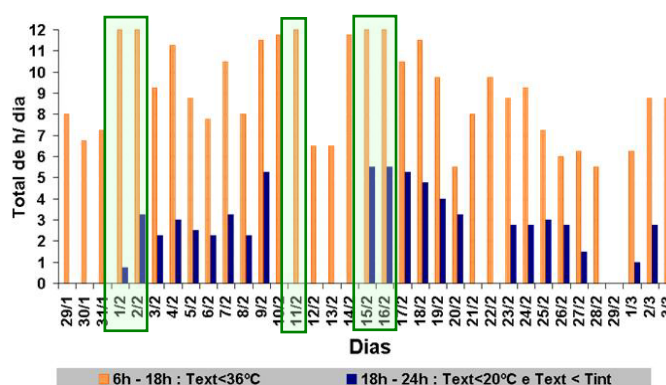
### 4.2.1 Ventilação associada à massa térmica para resfriamento

Considerando-se a indisponibilidade de informações mais detalhadas relativas ao regime dos ventos em Santana do Ipanema, a avaliação do potencial de uso da ventilação natural foi realizada neste trabalho com base apenas na oscilação da temperatura externa. No caso da ventilação noturna associada ao uso da massa térmica para resfriamento, foram observados os períodos nos quais as temperaturas externas mantiveram-se sob limites recomendáveis para o seu emprego: inferior a 36°C durante o período diurno e inferior a 20°C durante a noite.

O monitoramento ambiental indicou que a temperatura externa média do período foi bastante elevada: superior a 30°C (Gráfico 1). Observando-se a variação da temperatura externa durante o dia (intervalo entre 6h e 18h) e a noite (intervalo entre as 18h e 6h), verificou-se que a temperatura máxima externa foi inferior a 36°C em apenas 5 dias do período compreendido entre 29/01 e 03/03/2005, conforme indicado na Gráfico 2. Já durante a noite, a temperatura externa foi inferior a 20°C apenas no intervalo compreendido entre as 18h e 24h.



**Gráfico 1 –Temperaturas externas máximas, mínimas e médias diárias registradas durante o período de monitoramento (29/1 a 03/03/2005).**



**Gráfico 2 –Total de horas diárias nas quais as temperaturas máximas externas mantiveram-se sob os limites recomendados para o uso da massa térmica para resfriamento (período 29/01 a 03/03/2005).**

Observa-se que o uso desta estratégia não alcançaria resultados eficazes, diante das elevadas temperaturas médias externas, de modo que mesmo o uso de materiais construtivos com valores elevados de resistência e capacidade térmica não seria suficiente para minimizar as temperaturas do ar e radiante internas durante o dia. Do mesmo modo, a estrutura da edificação não seria suficientemente resfriada durante a noite, pois embora ocorra uma redução na temperatura externa esta se mantém acima dos 20°C, temperatura definida por Givoni como limite para garantir o aproveitamento satisfatório da inércia térmica dos elementos construtivos da edificação (GIVONI, 1994).

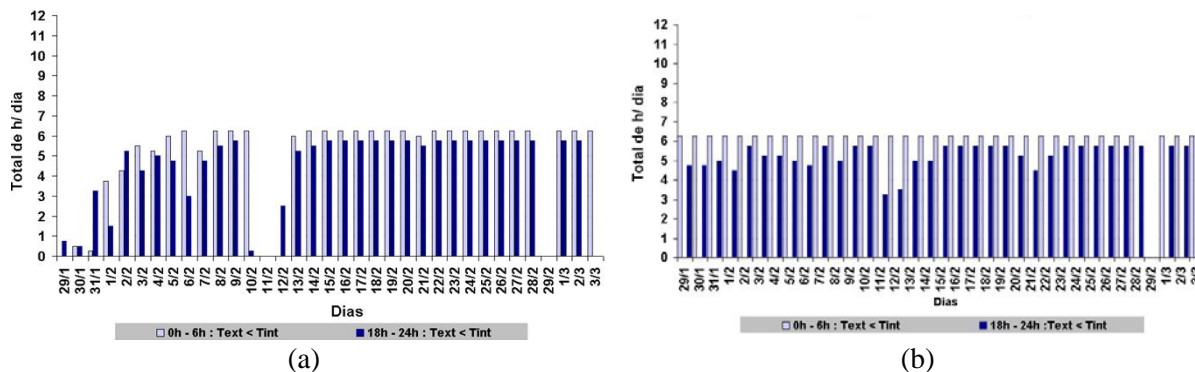
#### 4.2.2 Ventilação Noturna

Neste caso, foram observados os períodos nos quais as temperaturas externas mantiveram-se inferiores às temperaturas internas durante o intervalo compreendido entre 18h e 6h.

No caso da edificação R1, considerando-se o intervalo compreendido entre as 0h e 6h, a temperatura externa foi inferior a temperatura interna por mais de 5h em 27 dos 34 dias de monitoramento. Considerando-se o intervalo compreendido entre as 18h e 24h, a temperatura externa foi inferior a temperatura interna também por um período superior a 5h diárias em 21 dos 34 dias de monitoramento (Gráfico 3a). Já na edificação R2, as temperaturas externas foram inferiores às temperaturas internas no período compreendido entre 0h e 6h em todos os dias de monitoramento, num total aproximado de



6h. No intervalo compreendido entre as 18h e 24h este total foi superior a 5h em 21 dos 34 dias de monitoramento (Gráfico 3b). Observando-se tais resultados, verifica-se que a ventilação destinada ao resfriamento da edificação durante o período noturno é uma estratégia com significativo potencial de aplicação em Santana do Ipanema.

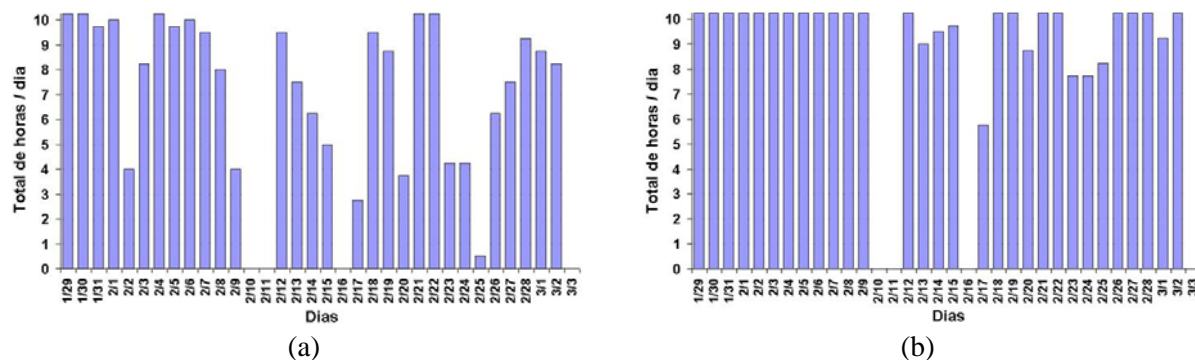


**Gráfico 3 – Total de horas diárias nas quais a temperatura externa foi simultaneamente inferior a temperatura interna e inferior a 28°C: Edificação R1 (a) e Edificação R2 (b).**

#### 4.2.3 Resfriamento evaporativo direto e indireto

Considerando-se os limites de temperatura referentes ao emprego do resfriamento evaporativo direto ( $TBS_{m\acute{a}x}$  e  $TBU_{m\acute{a}x}$  inferiores a 44°C e 24°C, respectivamente) e indireto ( $TBS_{m\acute{a}x}$  e  $TBU_{m\acute{a}x}$  inferiores a 46°C e 25°C, respectivamente), avaliou-se o potencial de uso desse tipo de estratégia em Santana do Ipanema nos períodos diários em que as temperaturas externas se apresentam mais elevadas (intervalo entre 8h e 18h), quando a refrigeração é mais desejada.

Entre os dias 29/01 e 03/03, apenas em 4 dias o resfriamento evaporativo não seria aplicável. No caso do resfriamento evaporativo direto, poderia ser empregado durante períodos superiores a 5h dentro do intervalo considerado, enquanto em 5 dias a referida estratégia poderia ser aplicada durante todo o intervalo compreendido entre as 8h e 18h, conforme indicado no Gráfico 4a. Já no caso do resfriamento evaporativo indireto, estimou-se que esta estratégia poderia ser empregada em 21 dos 34 dias do período de monitoramento durante todo o intervalo considerado (Gráfico 4b). Estes resultados indicam que ambas as estratégias apresentam um potencial significativo para promover a redução das temperaturas internas durante o verão em Santana do Ipanema.



**Gráfico 4 - Total de horas diárias nas o resfriamento evaporativo poderia ser empregado: (a) resfriamento evaporativo direto e (b) resfriamento evaporativo indireto.**

Os resultados obtidos permitem concluir que:

Dentre o vasto repertório de estratégias bioclimáticas recomendáveis para localidades quentes e secas, no caso de Santana do Ipanema identificou-se que a ventilação noturna e o resfriamento evaporativo são alternativas que apresentam significativo potencial de aplicação nas edificações residenciais. Por outro lado, o uso da ventilação noturna associada à massa térmica para resfriamento não apresentaria resultados satisfatórios, devido às temperaturas externas se manterem superiores aos limites de aplicabilidade relacionados a esta estratégia.

Observou-se ainda que o período de uso da ventilação noturna corresponde aos horários de maior ocupação das residências, durante a noite, quando as condições térmicas são imprescindíveis ao favorecimento do descanso e bem estar dos usuários após a rotina diária. No caso do resfriamento evaporativo, os períodos de utilização corresponderiam às horas mais quentes do dia, quando o resfriamento da temperatura é mais desejável.

Convém destacar também que o emprego de tais estratégias solicita algumas adaptações no caso de edificações já construídas, cabendo ao arquiteto adequá-las a cada caso a fim de assegurar a obtenção de bons resultados. Algumas alternativas podem ser sugeridas, tais como a introdução de jardins internos sombreados no interior das edificações (pergulados); uso de captadores de vento e uso de sistemas diretos de refrigeração evaporativa.

Verificou-se que mesmo sob as condições rigorosas do clima local, o uso de estratégias bioclimáticas é capaz de reduzir as temperaturas internas, podendo-se concluir que há possibilidade de se favorecer o desempenho térmico satisfatório das edificações residenciais e, por conseguinte, o conforto térmico de seus usuários através de meios mais econômicos do que o condicionamento artificial.

## 5 REFERÊNCIAS

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.

FUNDAÇÃO Universidade Estadual de Alagoas – FUNESA. **Santana do Ipanema – AL: gênese, desenvolvimento e caracterização atual.** Santana do Ipanema: Escola Superior de Ciências Humanas, Físicas e Biológicas – ESSER: 2001.

GARCIA-CHÁVEZ, J. R. The potential of passive cooling strategies for improving ambient comfort conditions and achieving energy savings in a typical hot/arid climate. In: PLEA International Conference, 1999. **Anais...** p.412-426, 1999.

GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.

\_\_\_\_\_. **Passive and low energy cooling of buildings.** New York: Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.

\_\_\_\_\_. **Climate considerations in building and urban design.** New York: John Wiley & Sons Inc., 1997.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.

PNUD. Atlas do desenvolvimento humano do Brasil. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 19 outubro 2005.

SANTAMOURIS, M; ASIMAKOPOULOS, D. **Passive cooling of buildings.** James & James Science Publishers, 1996

WATSON, D; LABS, K. **Climatic Building Design. Energy- efficient building principles and practice.** McGraw- Hill book Company. 1983.