

## **DESEMPENHO TÉRMICO DE RESIDÊNCIAS NO SEMI-ÁRIDO ALAGOANO: AVALIAÇÃO PRESCRITIVA E MONITORAMENTO AMBIENTAL**

**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 – email: [juliana@labeee.ufsc.br](mailto:juliana@labeee.ufsc.br)  
(2) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo/ PósArq – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – email: [lamberts@ecv.ufsc.br](mailto:lamberts@ecv.ufsc.br)

### **RESUMO**

As diretrizes do parcelamento do solo oriundas da época colonial definiram o relevo urbano de diversas cidades brasileiras. Como exemplo, têm-se os agrupamentos de casas em fita, tipologia arquitetônica predominante nas cidades do interior, que por sua vez são caracterizadas pelas mais diversas realidades climáticas. Exemplos dessa tipologia são típicos no sertão de Alagoas. Este trabalho avalia o desempenho térmico de três tipologias arquitetônicas diferenciadas, localizadas em Santana do Ipanema-AL: (i) casa em fita (térrea) e residências com afastamentos em relação aos limites do lote: térrea (ii) e com dois pavimentos (iii). Foi realizado o monitoramento ambiental durante o verão, analisando-se o desempenho térmico de cada residência de acordo com as recomendações da NBR 15220-3 (2005) e do Projeto de Norma 02:136.01 (2007). Verificaram-se diferenças entre os resultados das duas avaliações. O Projeto 02:136.01 apresenta limites de Transmitância Térmica mais elevados para a Zona Bioclimática 7 e não define o limite de área máxima para o dimensionamento das aberturas de ventilação, ao contrário da NBR 15220-3. Com relação às tipologias analisadas, o exemplar “casa em fita” destacou-se pela inadequação das propriedades térmicas dos componentes construtivos, principalmente a cobertura. Problemas relativos ao sombreamento das aberturas e ao dimensionamento das áreas para ventilação também foram comuns às demais edificações, destacando-se como as principais modificações necessárias em benefício ao seu desempenho térmico. Tais resultados evidenciam que avaliações diferenciadas do desempenho térmico podem ser obtidas em função dos critérios aplicados, dentre aqueles determinados pela normalização brasileira vigente, sendo que tais critérios devem ser considerados como parâmetros mínimos, ao invés de metas de desempenho a serem atingidas no projeto arquitetônico.

Palavra-chave: Desempenho térmico; Semi-árido alagoano; Normalização brasileira.

### **ABSTRACT**

In several Brazilian cities the urban design was influenced by guidelines derived from colonization time. Row houses, for example, are a housing type further encountered in small cities of Brazil, like Alagoas state, regardless climatic context of each locality. This work analyses the thermal performance of three dwellings located in Santana do Ipanema, a hot and dry city of Alagoas, Brazil: (i) a row house (single floor) and two single-family detached houses: (ii) single floor and (iii) double floor. The dwellings thermal internal temperatures were monitored during summer and their thermal performance was evaluated by Brazilian Standards application: NBR 15220-3 (2005) and Project 02:136.01 (2007). Some differences were identified, related to the Brazilian standards criteria of evaluation applied. The Project 02:136.01 defines higher thermal transmittance limits for Bioclimatic Zone 7 and recommends only minimal window opening areas, in contrast of NBR 15220-3. The row house was the most inadequate building type analyzed, because thermal properties of building components, mainly its roof. Other problems related to shading devices and window openings sizing also was observed. This analysis demonstrated that Brazilian standards criteria of thermal performance evaluation can be considered as minimal guidelines, but always better solutions have to be design to improve buildings thermal performance.

Keywords: Thermal performance; Hot and dry locations; Brazilian Standards.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Tipologias arquitetônicas e adequação climática no semi-árido alagoano

O conceito de tipologia em arquitetura é aplicável quando é possível identificar um somatório coerente de denominadores comuns em um determinado grupo de edificações, ou seja, uma série de fatores tecnológicos, estéticos e geométricos que contribuem para configurar a forma resultante (CERASI, 1998). As tipologias arquitetônicas traduzem o conhecimento que é aplicado na prática de construir, com a função de solucionar “problemas” recorrentes em um determinado momento histórico, levando-se em consideração as limitações técnicas, funcionais e econômicas de determinado local (EMMIT, 2002).

A arquitetura tende a acompanhar a dinâmica da sociedade com o crescimento e evolução das cidades, porém isso não impede que uma tipologia predominante permaneça no contexto atual, tornando-se representativa de uma determinada cultura. Um exemplo disso é o traçado urbano de várias cidades brasileiras do interior, remanescente do período colonial, caracterizado por lotes profundos e pequenas testadas. Nessas localidades, os longos agrupamentos de casas em fita podem ser identificados como uma tipologia arquitetônica predominante (SILVA, 1991).

Outro aspecto que se destaca é o emprego de uma mesma tipologia arquitetônica em localidades com realidades climáticas diferenciadas. No caso de Alagoas, a tipologia “casa em fita” pode ser encontrada tanto no sertão como na zona da mata e no litoral (Figura 1), de modo que o nível de adequação climática dessas edificações varia de acordo com o local onde cada uma delas encontra-se inserida.



**Figura 1** – Exemplos da tipologia “casa em fita” em cidades do interior alagoano: (a) Maceió (litoral); (b) Arapiraca (Agreste); (c) Piranhas (Sertão).

Tomando-se como exemplo a tipologia de “casa em fita” e o contexto do clima quente e seco em Alagoas, podem ser identificados problemas de adequação climática. A cidade de Santana do Ipanema representa um dos 35 municípios alagoanos pertencentes ao semi-árido, enquadrando-se na Zona Bioclimática 7 (ABNT, 2005). Assim como outras cidades alagoanas do interior, reúne tanto exemplares da tipologia “casa em fita” quanto outros padrões arquitetônicos diferenciados (Figura 2).

Com relação à adequação climática em localidades de clima quente e seco, a tipologia “casa em fita”, caracterizada pelo pé-direito baixo e a proximidade da cobertura, geralmente sem fôrro, favorece o desconforto térmico nos ambientes internos. Além disso, a admissão da ventilação é restrita, devido à existência de apenas duas fachadas, uma voltada para a rua e outra para um quintal, nos fundos do lote. Embora a ventilação possa até prejudicar o conforto térmico dos ocupantes durante o dia, favorecendo a elevação da temperatura interna do edifício, que tende a se aproximar da temperatura externa, seu aproveitamento é benéfico no período noturno, quando ocorre a redução da temperatura externa (GIVONI, 1994).

Já nas áreas de ocupação mais recente de Santana do Ipanema, os lotes maiores permitem o uso de afastamentos e também a abertura de janelas para ventilação, seja nos loteamentos populares, seja nas residências de padrão mais elevado. Aproveitando-se o recuo frontal, a criação de um espaço sombreado, por vezes denominado como “área” pelos moradores, é bastante valorizada. Observa-se também que mesmo na tipologia “casa em fita” a inserção de uma varanda sombreada é uma modificação recorrente nas reformas realizadas pelos proprietários.

Segundo Aroztegui (1991), padrões construtivos usualmente empregados em um determinado local

configuram-se como “referenciais culturais” para os seus usuários, podendo indicar respostas para compreender o modo como os indivíduos se comportam diante de situações de desconforto térmico. Além disso, diante da diversidade climática brasileira, especialmente na região nordeste, as pesquisas de campo se configuram como instrumentos úteis para a obtenção de informações fundamentais durante o processo de projeto, auxiliando na seleção de estratégias de adequação climática viáveis, tanto sob o ponto de vista tecnológico quanto econômico.



**Figura 2** – Localização de Santana do Ipanema/AL no mapa climático de Alagoas, indicada pelo número 9 (a) e aspectos da arquitetura local: (b) tipologia “casa em fita” e (c) residência térrea com varanda sombreada (“área”).

## 1.2 Normas brasileiras de avaliação do desempenho térmico de edificações

A definição de pré-requisitos é essencial no processo de avaliação do desempenho térmico das edificações, constituindo-se no principal fundamento das Normas e regulamentações pertinentes ao tema. Por outro lado, as exigências de conforto servem como parâmetros para a avaliação do desempenho das edificações. Isto está implícito inclusive nas iniciativas de normalização propostas para a construção habitacional brasileira (GONÇALVES et al, 2003), que define o conforto térmico e a adequação ambiental como alguns desses parâmetros.

Em abril de 2005, foi publicada a NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005). A NBR 15220 subdivide-se em 5 partes. Abrange métodos de cálculo das propriedades termofísicas dos elementos e componentes das edificações e recomendações de diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, estabelecidas de acordo com o Zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT, 2005). Apresenta ainda o detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados para cada Zona. O objetivo dessas recomendações técnico-construtivas é a otimização do desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática (ABNT, 2005).

Atualmente, encontra-se em fase de consulta pública o Projeto de Norma para Avaliação de Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos (Comissão de Estudos Desempenho de Edificações: CE 02:136.01). O objetivo dessa Norma é fixar padrões de comportamento em uso esperado para essa categoria de edificações, independente da tecnologia com a qual elas são construídas (COBRACON, 2005). No tocante ao desempenho térmico, o referido projeto de Norma indica 03 procedimentos de avaliação:

- Procedimento 1 (simplificado): estabelece critérios de desempenho para fachadas e coberturas. No caso das fachadas, são definidos limites de transmitância térmica e recomendações para o dimensionamento de aberturas para ventilação e existência de dispositivos de sombreamento. No caso das coberturas, os critérios de desempenho são a Transmitância Térmica (U) e

Absortividade à radiação solar ( $\alpha$ ). Esses limites são específicos para cada Zona Bioclimática (conforme estabelecido na NBR 15220-3) e podem ser avaliadas edificações existentes ou em fase de projeto;

- Procedimento 2: realizado por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício;
- Procedimento 3: feito através de medição, a ser realizada em edificações ou protótipos construídos, considerando-se os dias típicos de projeto de inverno e verão.

No Anexo A do Projeto 02:136.01001/1, há uma lista com dados de dias típicos de verão e de inverno de algumas cidades brasileiras. Após a aplicação do Procedimento 2 ou 3, o nível de desempenho térmico da mesma é classificado como M (mínimo), I (intermediário) ou S (superior), de acordo as temperaturas internas: valor máximo atingido no verão e valor mínimo atingido no inverno.

Ambas iniciativas de normalização representam instrumentos importantes na fase de projeto de edificações, pois apresentam métodos e procedimentos de avaliação norteados pelas características climáticas das diversas regiões do Brasil. Desse modo, fixam parâmetros ou “valores-meta” que, segundo a visão de AKUTSU (1997), favorecem a liberdade do projetista ao mesmo tempo em que o fazem manter um compromisso com a responsabilidade.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho térmico de três tipologias arquitetônicas diferenciadas, localizadas no município de Santana do Ipanema-AL: (i) casa em fita (térrea) e residências com afastamentos em relação aos limites do lote: térrea (ii) e com dois pavimentos (iii), evidenciando os resultados diferenciados obtidos em função dos critérios de avaliação aplicados, dentre aqueles determinados pela normalização brasileira vigente: NBR 152203 (ABNT, 2005) e Projeto de Norma 02:136.01001 (Partes 1, 4 e 5) (2007).

## **3 METODOLOGIA**

Verificou-se o enquadramento das edificações residenciais nos parâmetros de desempenho determinados pela NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005) e pelo Projeto de Norma 02:136.01001 (Partes 1, 4 e 5) (COBRACON, 2007). Buscou-se identificar em exemplares distintos das tipologias predominantes da arquitetura residencial quais os aspectos mais relevantes que necessitam ser modificados ou adaptados, a fim de assegurar a adequação das edificações ao meio onde se encontram inseridas.

### **3.1 Seleção dos estudos de caso**

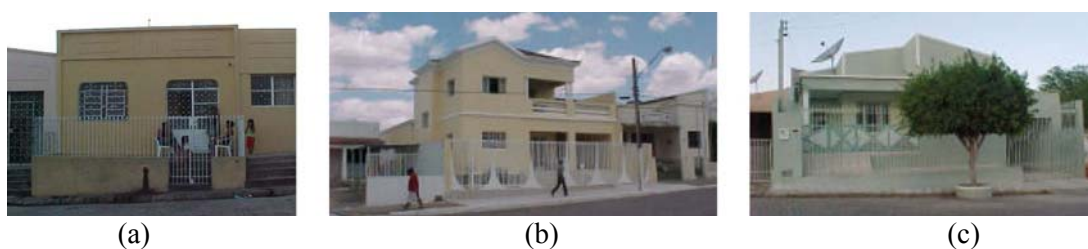
Foram selecionadas 03 edificações representativas de tipologias arquitetônicas diferenciadas, no âmbito residencial: (i) Edificação R1, representativa da tipologia “casa em fita” tradicional; (ii) Edificação R2, com dois pavimentos e (iii) Edificação R3, térrea, com varanda sombreada, estas com afastamentos em relação aos limites do lote, representando um contraponto à horizontalidade e à forma de implantação da Edificação R1 (Figuras 3 a 5). O monitoramento ambiental foi realizado durante o período de 29/01/2005 a 03/03/2005, com o auxílio de sensores HOBO H8 RH/ TEMP (Onset Corporation Ltda).

De acordo com as recomendações do Projeto de Norma 02:136.01001/1 (COBRACON, 2007), devem ser escolhidos para a realização das medições ambientes de sala de estar ou dormitórios, cujas janelas estejam voltadas para oeste e outra parede exposta voltada para norte, ou então priorizar as unidades que tenham o maior número de paredes expostas e cujas orientações das janelas sejam mais próximas daquelas especificadas. Os ambientes monitorados nas Edificações R1 e R3 apresentam orientação solar semelhante: nordeste. Já no caso da Edificação R2, o ambiente monitorado possui aberturas em duas fachadas distintas, sendo uma delas exposta a sudoeste.

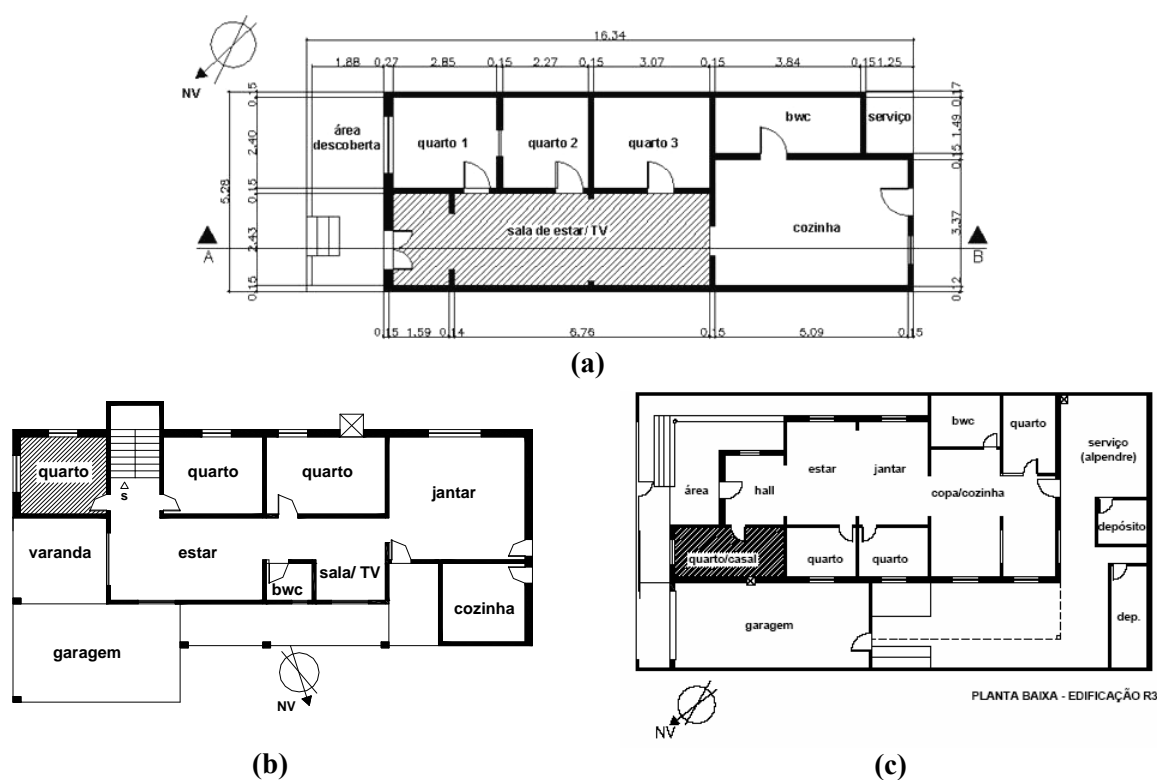
Quanto ao sistema construtivo, as 03 edificações empregam alvenaria de tijolos maciços. As edificações R1 e R2 possuem paredes internas com 15 cm de espessura e paredes externas com espessura igual a 27 cm. Já a Edificação R3 apresenta paredes externas e internas com espessuras

iguais a 30 cm e 15 cm, respectivamente. Quanto às coberturas, nos 03 casos foram utilizadas telhas cerâmicas do tipo colonial, sendo que a Edificação R1 não possui fôrro, enquanto as demais possuem fôrro em laje de concreto.

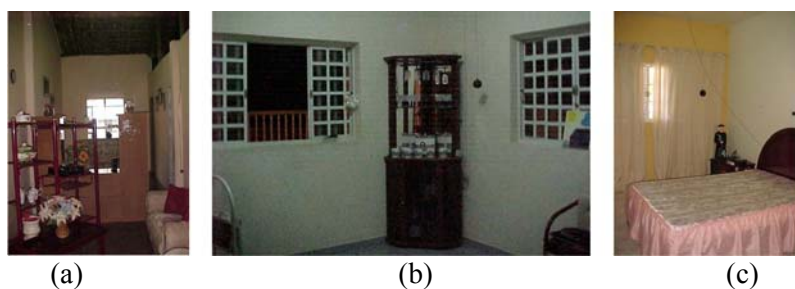
Quanto às condições de ventilação, a edificação R1 possui aberturas apenas na fachada frontal e posterior, voltada para um quintal nos fundos do lote. A edificação R2 possui aberturas em todos os ambientes, com possibilidade de ventilação cruzada. A Edificação R3, térrea, apresenta recuos frontal e posterior. A Figura 5 ilustra os ambientes escolhidos para o monitoramento.



**Figura 3** – Vistas externas das edificações: (a) R1; (b) R2 e (c) R3.



**Figura 4** – Plantas baixas das edificações (a) R1; (b) R2 e (c) R3, destacando-se os ambientes monitorados.



**Figura 5** – Edificações e ambientes monitorados: (a) R1: sala de estar; (b) R2: dormitório e (c) R3: dormitório.



### 3.2 Aplicação das Normas Brasileiras de avaliação do Desempenho Térmico

Conhecendo-se as características construtivas das edificações monitoradas, foram adotados os valores apresentados no Anexo D da NBR 15220-3 para as propriedades térmicas das paredes e cobertura (Tabelas D.3 e D.4). Esses valores foram comparados aos limites indicados para a Zona 7, verificando-se o nível de adequação ambiental de cada caso avaliado. Os valores de Transmitância Térmica  $U$  e Absortividade à radiação solar –  $\alpha$  também foram comparados aos limites indicados para paredes e coberturas estabelecidos na Parte 4 e Parte 5 do Projeto 02:136.01.




Também foi aplicado o procedimento de medição definido pelo Projeto de Norma 02:136.01, Parte 1: Anexo B. De acordo com este procedimento, as temperaturas internas obtidas na edificação em estudo são comparadas com as temperaturas externas, considerando-se os dias típicos de verão e de inverno listados para algumas cidades brasileiras (Anexo A). A análise limitou-se à condição de verão, com base nos dados do monitoramento realizado entre os dias 29/01 e 03/03. Adotou-se o dia típico de projeto referente à cidade mais próxima, localizada dentro da mesma região bioclimática, e com altitude de ordem de grandeza semelhante: Teresina-PI. Também pertencente à Zona 7 e localizada a 5,2° de latitude sul e com altitude igual a 72 m, os dados de temperatura máxima diária e amplitude diária de Teresina são respectivamente iguais a 37,9 °C e 13,2°C. De posse desses dados, procedeu-se à classificação do desempenho das edificações de acordo com os critérios M (mínimo), I (intermediário) ou S (superior).

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.2 Avaliação prescritiva 4.2.2.1. NBR 152203 (ABNT, 2005)

Com base nas diretrizes construtivas estabelecidas pela NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005), foi efetuada a comparação entre as propriedades térmicas das paredes e coberturas de cada edificação monitorada e os valores recomendados para a Zona Bioclimática 7. A Tabela 2 apresenta os valores de Transmitância Térmica ( $U$ ), Atraso Térmico ( $\phi$ ) e Fator Solar ( $FS_o$ ) dos materiais construtivos empregados.

**Tabela 2** – Propriedades térmicas de paredes e coberturas.




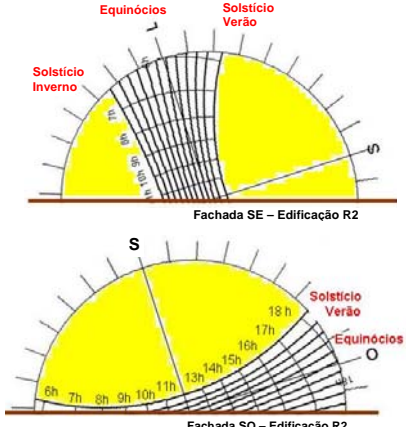

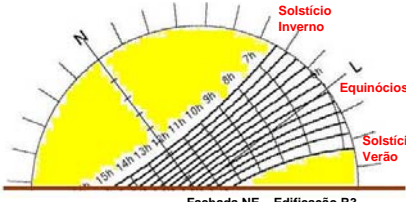
	Superfície externa	$U$ (W/m <sup>2</sup> .K/)	$\Phi$ (horas)	$FS_o$ (%)
Paredes: alvenaria de tijolos maciços	Valores recomendáveis	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,50$
	Edificação R1: espessura = 27 cm, cor amarelo médio ( $\alpha = 0,30$ ) 	2,25	6,8	2,7
	Edificação R2: espessura = 27 cm, cor bege claro ( $\alpha = 0,30$ ) 	2,25	6,8	2,7
	Edificação R3: espessura = 30 cm, cor verde claro ( $\alpha = 0,40$ ) 	2,23	6,8	3,6
Coberturas	Valores recomendáveis	$\leq 2,00$	$\geq 6,5$	$\leq 6,50$
	Edificação R1: Telha de barro sem fôrro ( $\alpha = 0,80$ ).	4,55	0,3	14,6
	Edificação R3: Telha de barro ( $\alpha = 0,80$ ) e fôrro em laje mista (espessura = 12 cm).	1,9	3,6	6,1

Observa-se que o tipo de parede empregado nas 3 residências (tijolos maciços) apresenta valores de Transmitância Térmica ligeiramente acima do valor recomendado pela Norma, enquanto o Atraso Térmico e o Fator Solar das fachadas das Edificações R1 e R2 podem ser considerados adequados. No caso da Edificação R3, o emprego da pintura verde, cuja absortividade ( $\alpha$ ) corresponde a 0,4, resultou no aumento do Fator Solar. A principal recomendação neste caso seria a adoção de pinturas mais claras, reduzindo-se a parcela de energia solar absorvida pela fachada. Quanto às coberturas, verifica-se a necessidade de aumentar a resistência térmica no caso da Edificação R1, enquanto na Edificação R3 poderia ser empregado um tipo de laje com espessura maior, elevando-se a Capacidade Térmica e, por conseguinte, o Atraso Térmico da cobertura. Como exemplo, pode-se citar a laje de concreto de 20

cm de espessura, cujos valores de Transmitância e Atraso Térmico são respectivamente iguais a 1,84  $\frac{2}{W/m \cdot K}$  e 8h (ABNT, 2005).

Com relação às áreas de ventilação, a Tabela 3 compara as áreas disponíveis em cada ambiente monitorado com os percentuais recomendados pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Verifica-se que a área de ventilação disponível para o ambiente monitorado na Edificação R1 limita-se à porta de entrada da residência. Suas dimensões são insuficientes para atender as necessidades de ventilação do ambiente de forma adequada, de modo que apenas mantendo-se as 2 folhas da porta abertas, o que não representa a condição real de uso, obtém-se um percentual de área de ventilação superior a 10% da área do piso. No caso da Edificação R2, as necessidades de ventilação seriam atendidas, desde que ambas as janelas permanecessem completamente abertas. Já a área disponível para a ventilação do ambiente monitorado na Edificação R3 é insuficiente, equivalente a menos de 4% da área do piso do ambiente.

**Tabela 3** – Áreas disponíveis para ventilação (ABNT, 2005) e horas de insolação recebida pelas aberturas dos ambientes monitorados: Edificações R1, R2 e R3.

<p>Valores recomendáveis: % de área do piso (<math>A_{\text{piso}}</math>)  Área da abertura (A): <math>10\% &lt; A &lt; 15\%</math></p> <p><b>Ambientes monitorados/ Adequação da área para ventilação</b></p>	<p><b>Períodos de insolação recebida pelas aberturas dos ambientes monitorados</b></p>
<p><b>Edificação R1 – Sala de Estar (20,6 m<sup>2</sup>)</b>  <b>Áreas máximas: Janelas - (2 folhas abertas): 1 m<sup>2</sup></b>  <b>A = 5,10% da <math>A_{\text{piso}}</math></b></p> <div data-bbox="368 985 788 1254">  </div>	
<p><b>Edificação R2 – Dormitório (11,2 m<sup>2</sup>)</b>  <b>Área máxima - (2 janelas abertas): 1,5 m<sup>2</sup></b>  <b>A = 12,2% da <math>A_{\text{piso}}</math></b></p> <div data-bbox="248 1469 909 1673">  </div>	
<p><b>Edificação R3 – Dormitório (18,2 m<sup>2</sup>)</b>  <b>Área máxima - (2 folhas abertas): 0,65 m<sup>2</sup></b>  <b>A = 3,6% da <math>A_{\text{piso}}</math></b></p> <div data-bbox="392 1843 766 2049">  </div>	

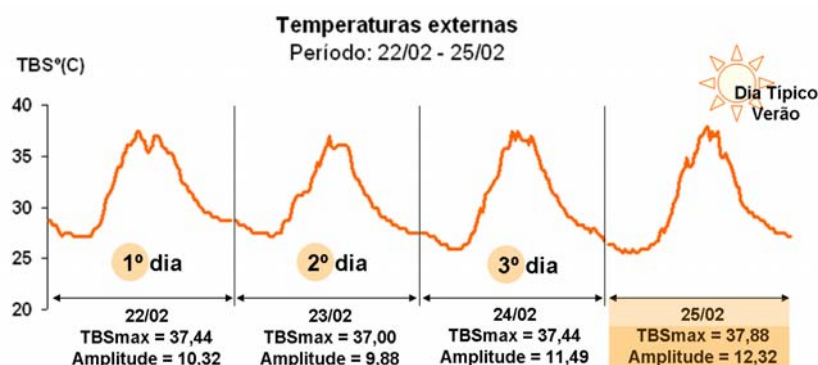
Com relação às aberturas, para a Zona Bioclimática 7, a NBR 15220-3 recomenda que sejam sombreadas permanentemente e possuam pequenas dimensões. Nas edificações monitoradas, excetuando-se a janela do quarto de casal da Edificação R3, dotada de venezianas, as demais não possuem dispositivos de sombreamento. A Tabela 3 ilustra a duração dos períodos de insolação relativos às aberturas dos ambientes monitorados. No caso da Edificação R1, a abertura localizada na fachada orientada a NE recebe sol no mês de dezembro até às 11h (solstício de verão), enquanto nos meses de setembro e março (equinócios), as aberturas estão expostas à insolação até por volta das 12h. A fachada do ambiente monitorado na Edificação R3 também recebe insolação durante a manhã até as 11h no verão, mas a existência de venezianas externas proporciona sombreamento à janela (ângulo horizontal  $\alpha = 0^\circ$ ). Quanto à edificação R2, a janela localizada na fachada sudoeste é a mais atingida pela insolação, durante todo o dia no solstício de verão. Já a janela localizada na fachada sudeste encontra-se exposta à insolação durante toda a manhã, o ano inteiro. Nos equinócios, a exposição à insolação termina por volta do meio dia.

### 4.3 Projeto de Norma 02:136.01 (COBRACON, 2007)

Os parâmetros de desempenho fixados pelo Projeto de Norma 02:136.01 definem valores recomendáveis para as propriedades térmicas das fachadas e coberturas das edificações residenciais de até cinco pavimentos. Com relação às fachadas, observa-se que o nível de desempenho das edificações em estudo seria classificado como Nível M (mínimo), pois as três edificações apresentam superfícies externas cujos valores de absorvidade são inferiores a 0,6 e Transmitâncias Térmicas inferiores a  $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Quanto à Capacidade Térmica, o valor correspondente para paredes de tijolos maciços com espessura de 27 cm é igual a  $445 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ , superior ao limite de  $130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$  estabelecido pelo Projeto de Norma 02:136.01 (COBRACON, 2007). Com relação às coberturas, o Projeto de Norma 02:136.01 não faz exigências quanto a absorvidade da superfície externa. Mas, nesse caso, são estabelecidos outros dois níveis de classificação além do Nível Mínimo: Nível Intermediário (I) e Nível Superior (S), determinados de acordo com o valor da Transmitância Térmica. Apenas no caso da edificação R3, o nível de desempenho da cobertura seria classificado como Mínimo, pois os valores de Transmitância Térmica são inferiores a  $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Quanto aos parâmetros de desempenho estabelecidos pelo Projeto de Norma 02:136.01, é determinado um único nível de classificação: Nível Mínimo (M), estabelecendo-se o dimensionamento das aberturas para ventilação em no mínimo 15% da área do piso do ambiente. Ao contrário da NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005), não são estipuladas áreas máximas. Efetuando-se a análise do desempenho térmico das edificações com base nesse critério, nenhuma delas obteria o Nível M, uma vez que as áreas de suas aberturas são inferiores a 15% das áreas de piso dos ambientes monitorados.

### 4.1 Avaliação por medição: Projeto de Norma 02:136.01 (COBRACON, 2005)

Com base nos dados de temperatura externa, selecionou-se o dia 25/02 como o dia típico de verão, o qual mais se assemelhou ao dia típico de verão da cidade de Teresina – PI (Figura 6), conforme descrito no Projeto de Norma 02:136.01 (COBRACON, 2005). Neste dia, a  $T_{\text{máx}}$  externa registrada em Santana do Ipanema foi igual a  $37,88^\circ\text{C}$ .



**Figura 6** – Seleção do dia típico de verão para Santana do Ipanema: dia 25/02.



No caso da Edificação R3 a avaliação por medição não foi aplicada, devido ao uso do condicionamento artificial no dia 25/02, modificando as temperaturas internas durante o período diurno.

Comparando-se os valores máximos das temperaturas internas com a temperatura máxima externa no dia 25/02, têm-se as seguintes classificações de desempenho: classificação intermediária (I) para a Edificação R1 ( $T_{\text{máx}}$  interna = 34,43 °C, portanto menor que  $T_{\text{máx}}$  externa - 2°C) e classificação superior (S) para a Edificação R2 ( $T_{\text{máx}}$  interna = 33,88 °C, portanto menor que  $T_{\text{máx}}$  externa - 4°C). No da Edificação R2, a ausência de sombreamento nas aberturas contribuiu para a ocorrência de temperaturas internas tão elevadas quanto aquelas verificadas na Edificação R1, embora as propriedades térmicas das paredes sejam semelhantes (Ver Tabela 2), devido à exposição à radiação solar.

## 5 CONCLUSÕES

Dentre os casos analisados, a Edificação R1, representativa da tipologia “casa em fita”, apresentou maiores problemas com relação às características térmicas dos componentes construtivos, principalmente a Transmitância Térmica, destacando-se a cobertura. Já as áreas disponíveis para ventilação e sombreamento das aberturas são os problemas mais recorrentes nas três residências analisadas, indicando a necessidade de se assegurar a proteção contra a radiação solar, principalmente nos períodos mais quentes do dia no verão.

Comparando-se as recomendações da NBR 15220-3 para habitação de interesse social com os critérios de desempenho determinados pelo Projeto de Norma 02:136.01, relativos às propriedades térmicas dos elementos construtivos, verifica-se que há diferenças entre os resultados das duas avaliações. O Projeto de Norma, pelo fato de estabelecer apenas um nível mínimo de desempenho para a Zona Bioclimática 7, apresenta limites de Transmitância Térmica mais elevados. Quanto às aberturas, são estabelecidas apenas áreas mínimas de ventilação, desconsiderando-se o fato de que em localidades caracterizadas pelo clima quente e seco devem ser priorizadas aberturas pequenas, conforme definido pela NBR 15220-3 e confirmado por uma vasta literatura relacionada ao tema.

Quanto ao procedimento de avaliação por medição, trata-se de uma forma de se comprovar que a edificação atende aos critérios de desempenho estabelecidos, durante a sua fase de uso, podendo vir a ser um instrumento eficaz para assegurar a satisfação das exigências mínimas de conforto dos usuários das edificações. Porém, identificam-se algumas limitações neste tipo de avaliação, pois a classificação do desempenho térmico é realizada com base em dados de temperatura interna de um dia isolado, ao invés de uma série histórica. Além disso, estabelecer como critério de desempenho mínimo a obtenção de temperaturas máximas internas inferiores às temperaturas máximas externas pode não representar o atendimento das exigências de conforto dos usuários, considerando-se que localidades com clima semelhante ao de Santana do Ipanema apresentam temperaturas máximas muito elevadas, geralmente acima dos 35°C.

Nos casos analisados no presente trabalho, as edificações R1 e R2 obtiveram classificações positivas quanto ao seu desempenho térmico, embora as temperaturas máximas internas tenham sido superiores a 30°C, enquanto as temperaturas médias mantiveram-se superiores a 29°C, sendo que este é o valor correspondente ao limite máximo da Zona de Conforto indicada por Givoni para os trópicos.

Tais resultados indicam que arquitetos e projetistas podem dispor das normas e regulamentações como ferramentas úteis para indicar soluções de projeto. Entretanto, os critérios adotados para a classificação do desempenho térmico das edificações devem ser considerados como parâmetros mínimos, ao invés de metas de desempenho a serem atingidas, devendo-se buscar o aperfeiçoamento das soluções projetuais visando sempre favorecer a satisfação das necessidades de conforto dos usuários.

## 6 REFERÊNCIAS

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. A tendência atual dos métodos de avaliação de desempenho térmico e energético em edificações. In.: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. Anais... Salvador: NERY, J. M.F. G.; FREIRE, J. M. M. (eds) ANTAC, 24 28 Nov/97.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:136.01.001: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:136.01.001: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 4: Fachadas e paredes internas. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:136.01.001: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 5: Coberturas. Rio de Janeiro, 2007.

BARBOSA, M. J., et al. Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas. In: Coletânea Habitar, v. 3, Normatização e certificação na construção habitacional. ROMAN, H. R.; BONIN, L.C. (Ed.). 2003, p. 4353.

CERASI, M. Muqarnas: na annual on the visual culture of the islamic world. Brill Academic Publisher: Jan 1, 1998. Disponível em <<http://books.google.com/books>> Acesso em: 10 novembro 2005.

COBRACON. Comissão de Estudos Desempenho de Edificações, 2008. Apresenta a proposta de norma normas de desempenho para edificações de até 5 pavimentos. Disponível em: <<http://www.cobracon.org.br>>. Acesso em: 18 março 2008.

EMMIT, S. Architectural Technology. Blackwell Publishing: Feb 1, 2002. Disponível em: <<http://books.google.com/books>> Acesso em: 10 novembro 2005.

GONÇALVES et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: Coletânea Habitar, v. 3, Normatização e certificação na construção habitacional. ROMAN, H. R.; BONIN, L.C. (Ed.). 2003, p. 4353. PEREIRA, F. O. R.; NETO, J. A. B. da C. Princípios para otimização do desempenho térmico de componentes da edificação. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 1. Anais... Florianópolis: ANTAC, 1988, p. 124 131.

SILVA, M. A. da. Arquitetura moderna: a atitude alagoana. Maceió: SERGASA, 1991.