



HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL MULTIPAVIMENTOS: INFLUÊNCIA DO TIPO DE VEDAÇÃO NO DESEMPENHO TÉRMICO

Helenice M. Sacht (1); João A. Rossignolo (2)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: hmsacht@sc.usp.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: jarossig@sc.usp.br

RESUMO

A habitação, definida na Constituição Federal Brasileira como um dos direitos do cidadão, deve atender a uma série de anseios materiais e psicológicos dos seus ocupantes. A partir desse problema, apresenta-se uma proposta de avaliação do desempenho térmico de uma tipologia habitacional multipavimentos (V052H-01) executada pela CDHU, utilizando vedações em alvenaria de blocos cerâmicos e de blocos de concreto. Neste trabalho foi analisada especificamente a influência dos tipos de vedação no desempenho térmico da habitação, isso para o pavimento da cobertura e para o pavimento intermediário. Foram determinados os critérios iniciais de estudo e executadas simulações computacionais (para inverno e verão), numa tipologia multipavimentos para 10 cidades, empregando o software Arquitrop 3.0. Observou-se que em ambas as estações de acordo com o projeto de norma de desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, as tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos atenderam em maior parte dos casos, ao nível mínimo de desempenho. Para este estudo foi observado que o desempenho térmico das habitações com alvenaria de blocos cerâmicos foi superior ao das habitações com alvenaria de blocos de concreto. As tipologias do pavimento da cobertura, em grande parte dos casos apresentaram temperaturas internas mais elevadas em cerca de 0,5 a 1°C em relação às tipologias do pavimento intermediário. Avaliou-se o desempenho térmico de vedações verticais usualmente empregadas para habitação de interesse social.

Palavras-chave: conforto térmico; habitação de interesse social multipavimentos; alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto.

ABSTRACT

The habitation is defined in the Brazilian Federal Law as one of the citizen's rights; it should assist to a series of its occupants' material and psychological requirements. To leave of that problem, this paper presents a proposal for evaluation of the thermal performance of a multi-storey housing typology (V052H-01) executed by CDHU Company of Housing and Urban Development, using wall in masonry of ceramic and concrete blocks. In this work it was specifically analyzed the influence of the walls types in the thermal performance of the housing, that for the last floor and middle floor. It was determined the initials guidelines of study and executed computational simulation in the multi-storey housing for ten cities with the software Arquitrop 3.0. It was observed that in both seasons in agreement with the draft standard of performance of housing buildings of up to 5 floors, the typologies with ceramic blocks masonry following the guidelines established, answered at the minimum level of performance (M). For this study it was observed that the thermal performance of the housing with ceramic blocks masonry is better than housings with concrete blocks masonry. The typologies of the last floor, in a large part of the cases presented internal temperatures more elevated in about 0,5 to 1°C in relation to the middle floor typologies. The thermal performance of masonry was evaluated for low-cost housing usually employed.

Keywords: thermal comfort; low-cost multi-storey housing; masonry of ceramic and concrete blocks.

1 INTRODUÇÃO

A carência habitacional é atualmente um dos maiores desafios urbanos para as políticas públicas das cidades brasileiras e deve impulsionar a busca de soluções tecnológicas, econômicas e ambientalmente apropriadas para atender a essas necessidades. De acordo com dados do IBGE, o déficit habitacional brasileiro foi de 7.903 milhões de domicílios em 2005 (DÉFICIT, 2006).

Para a redução do déficit habitacional brasileiro são necessários, além de políticas públicas adequadas, projetos para desenvolvimento de habitações com baixo custo e desempenho satisfatório (ABNT, 2007). Devem ser priorizados aspectos como durabilidade do imóvel; infra-estrutura e serviços; conforto e segurança para o morador; redução de impacto ambiental e a utilização de tecnologias construtivas adequadas (ABCP, 2002).

A partir desse problema, o aperfeiçoamento das tecnologias disponíveis para habitação de interesse social, assim como os estudos relacionados ao desempenho térmico são necessários, com o objetivo de contribuir para a produção de habitações com baixo custo e que atendam às exigências dos usuários.

Percebe-se que é recorrente a reprodução de tipologias habitacionais sem uma preocupação maior com as especificidades regionais. A elaboração de projetos de habitação de interesse social adequados ao clima e as características locais, representa além dos benefícios para os próprios moradores, a melhoria dos assentamentos humanos e da qualidade de vida nas cidades brasileiras.

Para a habitação multipavimentos o tipo de fechamento juntamente com o tipo de cobertura utilizado (no caso do último pavimento) exerce grande influência sobre as condições de conforto térmico, por isso os tipos de materiais devem ser determinados de acordo com as particularidades climáticas de cada região.

Para esse tipo de avaliação de desempenho, neste caso especificamente o desempenho térmico, tem-se como base atualmente a NBR 15220 – Norma de Desempenho Térmico (ABNT, 2005) e o Projeto de Norma 02:136.01-001 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, as quais nortearam este estudo.

1.1 Justificativas

Diante do contexto problemático em que se encontra a questão habitacional no Brasil, observa-se a relevância da proposta de avaliação de desempenho térmico de habitações e destaca-se neste caso a comparação entre o uso de alvenarias de blocos cerâmicos e de blocos de concreto, para as cidades representativas das oito zonas bioclimáticas brasileiras. Por meio deste estudo pode-se chegar a uma correta aplicação desses tipos de alvenaria para a utilização em habitação de interesse social, bem como compará-los.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de avaliação do desempenho térmico de uma tipologia habitacional multipavimentos (V052H-01), executada pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) em fase de projeto, utilizando vedações em alvenaria de blocos cerâmicos e de blocos de concreto. Essa análise deu-se para a tipologia do pavimento da cobertura e do pavimento intermediário, neste caso o segundo pavimento.

3 METODOLOGIA

Para tal avaliação, foi empregada simulação computacional com o software Arqutrop 3.0, para uma tipologia multipavimentos executada pela CDHU (V052H-01). Esta avaliação de desempenho térmico foi realizada com base nas recomendações do projeto de norma de desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos (ABNT, 2007) para os dias críticos de projeto, sendo 22 de junho para inverno e 22 de dezembro para verão, em 10 cidades representativas das Zonas Bioclimáticas Brasileiras determinadas pela Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações – NBR 15220. (ABNT, 2005). A descrição de tais procedimentos será apresentada a seguir.

3.1 Critérios Iniciais de Estudo

A definição dos critérios iniciais de estudo compreendeu os dados necessários para a execução das simulações computacionais de desempenho térmico das habitações, entre eles: a definição da tipologia habitacional multipavimentos a ser analisada, tendo como referência as empregadas atualmente pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU); levantamento de dados comportamentais dos usuários; e por último a determinação das cidades, representativas das 8 regiões bioclimáticas brasileiras de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005).

3.1.1 Escolha da Tipologia Multipavimentos

Na pesquisa por projetos junto à CDHU, verificou-se que atualmente uma das tipologias habitacionais multipavimentos executadas pela CDHU é a V052H-01 (Figura 1 e 2), a qual foi escolhida para ser objeto das simulações.

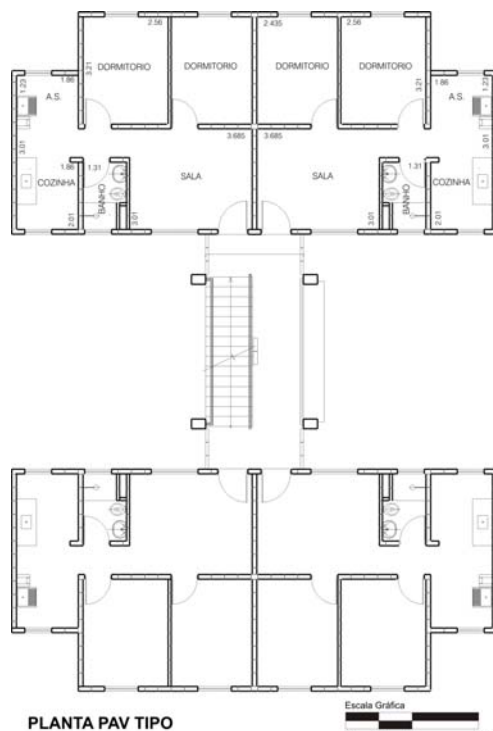


Figura 1 - Projeto CDHU – Padrão Habitacional V052H-01
Fonte: CDHU, 2007.

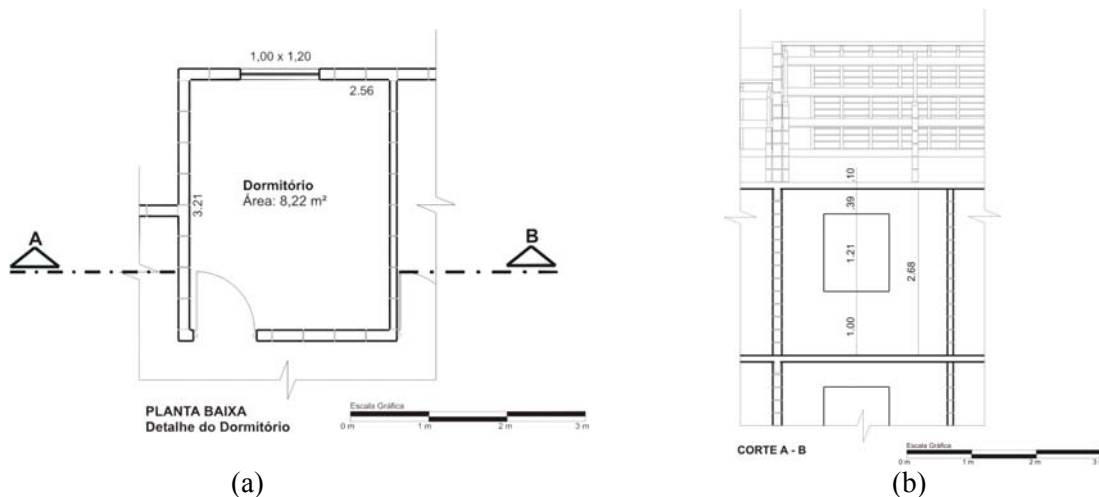


Figura 2 - Detalhe do dormitório - Projeto CDHU – Padrão Habitacional V052H-01 (a) e elevação da tipologia V052H-01 - CDHU com cobertura de telha cerâmica e laje (b).

Fonte: CDHU, 2007.

3.1.2 Características das Alvenarias

Foram adotados os painéis de alvenaria de blocos cerâmicos e de blocos de concreto para a análise comparativa de desempenho térmico, por serem tradicionalmente empregados na execução de habitações de interesse social. Segundo a CDHU, para a tipologia multipavimentos V052H-01 (Antiga VI22B-V2), as recomendações prescritas no memorial descritivo referem-se ao uso de blocos de concreto ou de blocos cerâmicos de furos horizontais sem especificar a espessura. Porém foram utilizados espessura de 9 cm para ambos os blocos.

Para o revestimento externo recomenda-se, de acordo com o manual de projetos da CDHU, uma espessura de no mínimo 2 cm e no máximo de 2,5 cm; e para o revestimento de paredes internas deve ser de no mínimo 1,5 mm e no máximo 2,0 cm de espessura. A partir desses dados adotou-se 2 cm de espessura tanto para revestimento externo quanto para o interno (CDHU, 2005). Essas recomendações foram seguidas para as simulações e inseridas no banco de dados do software Arquitrop 3.0, no que se refere aos tipos de vedações e revestimentos.

3.1.3 Levantamento de Dados Comportamentais dos Usuários

Para o início das simulações computacionais, observou-se a necessidade de adotar precisamente algumas variáveis solicitadas pelo software ARQUITROP 3.0, relacionadas à condição de ocupação e à ventilação das habitações, isso com o objetivo de obter maior exatidão nas informações sobre o comportamento dos moradores. Esses dados foram obtidos por meio de entrevistas a um total de 70 domicílios, situados no município de São Carlos-SP. Do total de entrevistas, 43 foram executadas no Conjunto Valdomiro Lobbe Neto e 27 no Conjunto Romeo Santini. Observou-se que mesmo realizando esse levantamento somente para a cidade de São Carlos, que obviamente possui características climáticas diferentes das demais regiões, esses dados estariam mais próximos das condições reais de uso do ambiente, caso as variáveis solicitadas pelo software fossem apenas estimadas.

3.1.4 Determinação das Cidades para as Simulações Computacionais

Neste artigo serão apresentados os dados referentes às simulações de habitações para as 10 cidades (Quadro 1) representativas das oito regiões bioclimáticas brasileiras. A escolha por 10 cidades justifica-se pelo fato de incluir, além de Santos e Presidente Prudente mais 2 cidades do Estado de São Paulo (São Paulo e São Carlos). Isso com a intenção de avaliar as quatro regiões bioclimáticas presentes nesse Estado e, além disso, analisar o comportamento das habitações multipavimentos localizadas em cidades que mesmo inseridas na mesma zona bioclimática apresentam características climáticas distintas. As cidades de São Paulo e Florianópolis, por exemplo, estão inseridas na zona bioclimática 3, mas possuem climas diferenciados, o mesmo ocorre com São Carlos e Brasília que se inserem na zona bioclimática 4. As demais cidades foram selecionadas de forma aleatória, de modo a localizar-se em diferentes estados.

Quadro 1 - Cidades adotadas para simulação do desempenho térmico das habitações.

Cidade	Zona Bioclimática
Caxias do Sul – RS	1
Ponta Grossa – PR	2
São Paulo – SP	3
Florianópolis – SC	3
São Carlos – SP	4
Brasília – DF	4
Santos – SP	5
Presidente Prudente – SP	6
Teresina – PI	7
Belém – PA	8

3.2 Avaliação do Desempenho Térmico das Edificações por meio de Simulação Computacional

Os softwares de simulação computacional têm sido utilizados na avaliação de desempenho térmico de edificações e são importantes ferramentas para o prognóstico do comportamento térmico, ainda na fase de concepção do projeto. Porém, é extremamente difícil simular as condições térmicas reais no interior das edificações. A crise energética impulsionou significativamente o desenvolvimento de programas de simulação. Grande parte dos estudos com utilização de simulação computacional de edificações concentra-se nas universidades, com algumas iniciativas de aplicação na prática. No âmbito acadêmico foram formados grupos, associações de profissionais, institutos e departamentos de pesquisa para o desenvolvimento de projetos na área (MENDES et al, 2001). O estabelecimento da norma brasileira Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) e o projeto de norma de Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos (ABNT, 2007) são avanços significativos para a área de conforto térmico que podem ocasionar um maior interesse sobre a utilização de simulações, inclusive um aumento da aplicação dessas ferramentas na prática.

De acordo com o projeto de norma (ABNT, 2007), nesta pesquisa, utilizou-se a análise da edificação na fase de projeto, com o objetivo de avaliar a influência da do tipo de alvenaria no desempenho térmico das habitações multipavimentos. Segundo o mesmo projeto de norma, para edificações na fase de projeto, a avaliação de desempenho térmico deve ser feita nos dias considerados críticos de projeto, sendo 22 de dezembro para verão e 22 de junho para inverno, utilizando os dados climáticos da cidade, que nesse caso já estavam inseridos no banco de dados do software. O Quadro 2 resume as diretrizes para as simulações de acordo com o projeto de norma. Ressalta-se que neste estudo a variação dos tipos de alvenaria foram de maior importância do que as orientações, já preestabelecidas.

Quadro 2 – Diretrizes para Simulação Computacional.

Diretrizes para Simulação Computacional
1. Considerar trocas térmicas entre os ambientes.
2. Em paredes geminadas os respectivos recintos devem ser considerados na condição térmica mais próxima possível do ambiente simulado;
3. As orientações das unidades habitacionais devem ser tais que haja pelo menos um dormitório ou sala com duas paredes expostas. Para o verão a janela do dormitório ou sala deve estar voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte; e no inverno que a janela deve estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste;
4. Não deve haver obstrução por elementos externos (sem edificações ou vegetação nas proximidades);
5. A taxa de ventilação do ambiente de 3 ren/ h e deve-se considerar a janela não sombreada;
6. Devem-se utilizar as propriedades térmicas dos materiais (No caso já inseridas no software).

Fonte: Adaptado do Projeto de Norma 02: 136.01.001 (ABNT, 2007).

Na simulação computacional foi utilizado o software ARQUITROP 3.0, que é um sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em arquitetura e engenharia visando conforto térmico e eficiência energética em edificações (RORIZ e BASSO, 1989). Para cada cidade foi analisada a tipologia V052H-01 (Antiga VI22B-V2), com uso de cobertura de telha cerâmica e laje; as simulações foram executadas também para o pavimento intermediário, no caso o segundo, considerando os dois tipos de alvenaria. Totalizou-se para cada cidade 4 simulações para inverno e 4 para verão. Neste estudo foi adotado o quarto como cômodo padrão para análise, por ser o ambiente de maior permanência dos usuários de acordo com o levantamento de dados comportamentais. As simulações foram realizadas tendo como parâmetros as diretrizes e recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2005), bem como do Projeto de Norma (ABNT, 2007). Para a realização das simulações foram necessários os seguintes dados: título do projeto, número de pavimentos (no caso 2º pavimento e 4º pavimento), cor da face superior (escura); pé direito (projeto da CDHU); número de fachadas (2 de acordo com o Projeto de Norma); área de ventilação (50% da área da janela).

3.3 Níveis de Desempenho

Os níveis de desempenho foram adotados de acordo com projeto de norma 02: 136.01.001 (ABNT, 2007) e devem ser entendidos como (Quadro 3 e 4):

- Nível de desempenho M: atende às exigências mínimas do usuário. Deve ser obrigatoriamente atendido;
- Nível de desempenho I: representa as exigências ideais do usuário, além das mínimas, e não é obrigatório;
- Nível de desempenho S: excede o nível mínimo e as exigências mínimas do usuário, não é obrigatório.

Quadro 3 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas Bioclimáticas 1 a 5 ¹	Zonas Bioclimáticas 6,7 e 8
M	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 3^{\circ} \text{ C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 5^{\circ} \text{ C})$	
S	$T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 7^{\circ} \text{ C})$	
$T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados; $T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados. NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: ABNT, 2007.

Quadro 4 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas Bioclimáticas 1 a 7 ¹	Zona Bioclimática 8
M	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$
I	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ} \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 1^{\circ} \text{C})$
S	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 4^{\circ} \text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ} \text{C})$ e $T_{i, \min} \leq (T_{e, \min} + 1^{\circ} \text{C})$
$T_{i, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados; $T_{e, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados; $T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados; $T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados. NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: ABNT, 2007.

Nas análises dos resultados das simulações computacionais tomaram como base tanto para inverno quanto para verão os critérios apresentados anteriormente.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Levantamento de Dados Comportamentais dos Usuários

A partir das entrevistas, encontram-se abaixo os dados necessários para as simulações computacionais, relativos à condição de ocupação e ventilação das habitações (Quadro 5).

Quadro 5 - Dados Comportamentais dos Usuários.

Dados Comportamentais dos Usuários			
Ocupação	Número de ocupantes	Horário de início da ocupação	Duração da Ocupação
	2 pessoas	21h00	9h00
Ventilação	Horário de abertura		Duração da Abertura
	9h00		13h30

4.2 Resultados para o Inverno

Os resultados das simulações se encontram na forma de tabelas que serão mostrados a seguir.

Analisando a tabela de resultados (Tabela 1), observou-se que para o inverno pelo menos o nível mínimo de desempenho foi atendido para algumas localidades, com as tipologias orientadas de forma que a janela estivesse voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Para as cidades de Caxias do Sul, Ponta Grossa, São Paulo, São Carlos e Brasília as tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos em ambos os pavimentos, atenderam ao nível mínimo de desempenho ($T_{\text{mínima interna}} \geq T_{\text{mínima externa}} + 3^{\circ} \text{C}$). As tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos localizadas em Brasília foram as únicas a atender também ao nível I de desempenho ($T_{\text{mínima interna}} \geq T_{\text{mínima externa}} + 5^{\circ} \text{C}$). Para a cidade de Santos, somente a tipologia com alvenaria de blocos cerâmicos da cobertura atendeu ao nível mínimo de desempenho.

Já as tipologias com alvenaria de blocos de concreto não apresentaram o desempenho mínimo, de acordo com o projeto de norma, para nenhuma das localidades analisadas, com exceção da tipologia da cobertura simulada para a cidade de Brasília, que tendeu ao nível mínimo de desempenho para esse tipo de alvenaria. A única cidade para a qual nenhuma das alvenarias mostrou-se adequada foi Florianópolis, as demais (Presidente Prudente, Teresina e Belém) dispensam a verificação para inverno. As temperaturas mínimas internas apresentaram-se elevadas em cerca de $0,5^{\circ}\text{C}$ para as tipologias da cobertura.

Tabela 1 – Resultados das Simulações Computacionais para o Inverno.

Simulações para o Inverno - 21 de Junho						
Cidade	Zona Bioclimática	Pavimento	Vedações	Temperatura Mínima Externa	Temperatura Mínima Interna	Nível de Desempenho
Caxias do Sul	1	Cobertura	Bloco Cerâmico	8,8	12,4	M
		Laje Intermediária		8,8	11,9	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	8,8	10,7	Não Atende
		Laje Intermediária		8,8	9,4	Não Atende
Ponta Grossa	2	Cobertura	Bloco Cerâmico	9,3	13,7	M
		Laje Intermediária		9,3	13,5	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	9,3	11,8	Não Atende
		Laje Intermediária		9,3	11,3	Não Atende
São Paulo	3	Cobertura	Bloco Cerâmico	11,2	15,6	M
		Laje Intermediária		11,2	15,2	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	11,2	13,7	Não Atende
		Laje Intermediária		11,2	13,1	Não Atende
Florianópolis	3	Cobertura	Bloco Cerâmico	15,2	18	Não Atende
		Laje Intermediária		15,2	17,5	Não Atende
		Cobertura	Bloco de Concreto	15,2	16,7	Não Atende
		Laje Intermediária		15,2	16,1	Não Atende
São Carlos	4	Cobertura	Bloco Cerâmico	13,3	17,7	M
		Laje Intermediária		13,3	17,1	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	13,3	15,8	Não Atende
		Laje Intermediária		13,3	15	Não Atende
Brasília	4	Cobertura	Bloco Cerâmico	11,7	17,7	M/I
		Laje Intermediária		11,7	16,9	M/I
		Cobertura	Bloco de Concreto	11,7	15,2	M
		Laje Intermediária		11,7	14	Não Atende
Santos	5	Cobertura	Bloco Cerâmico	16	19,4	M
		Laje Intermediária		16	18,9	Não Atende
		Cobertura	Bloco de Concreto	16	17,9	Não Atende
		Laje Intermediária		16	17,2	Não Atende
Presidente Prudente	6	Cobertura	Bloco Cerâmico	14,8	19,4	Dispensa Verificação
		Laje Intermediária		14,8	18,8	
		Cobertura	Bloco de Concreto	14,8	17,4	
		Laje Intermediária		14,8	16,7	
Teresina	7	Cobertura	Bloco Cerâmico	21,4	26,4	Dispensa Verificação
		Laje Intermediária		21,4	25,6	
		Cobertura	Bloco de Concreto	21,4	24,3	
		Laje Intermediária		21,4	23,4	
Belém	8	Cobertura	Bloco Cerâmico	22,7	26,7	Dispensa Verificação
		Laje Intermediária		22,7	26,1	
		Cobertura	Bloco de Concreto	22,7	25,1	
		Laje Intermediária		22,7	24,3	

4.3 Resultados para o Verão

São mostrados na Tabela 2 os resultados das simulações computacionais para o verão.

Para o verão, com as tipologias orientadas de forma que a janela do dormitório estivesse voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte, observou-se que pelo menos o nível mínimo de desempenho foi atendido para algumas localidades. Para as cidades de Ponta Grossa, São Paulo, São Carlos, Teresina e Belém, as tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos em ambos os pavimentos, atenderam ao nível mínimo de desempenho ($T_{\text{máxima interna}} \leq T_{\text{máxima externa}}$).

Tabela 2 – Resultados das Simulações Computacionais para o Verão.

Simulações para o Verão - 22 de Dezembro						
Cidade	Zona Bioclimática	Pavimento	Vedações	Temperatura Máxima Interna	Temperatura Máxima Externa	Nível de Desempenho
Caxias do Sul	1	Cobertura	Bloco Cerâmico	26,4	26,2	Não Atende
		Laje Intermediária		24,2	26,2	M/I
		Cobertura	Bloco de Concreto	27,6	26,2	Não Atende
		Laje Intermediária		26	26,2	M
Ponta Grossa	2	Cobertura	Bloco Cerâmico	26,5	27,2	M
		Laje Intermediária		25,3	27,2	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	27,7	27,2	Não Atende
		Laje Intermediária		26,4	27,2	M
São Paulo	3	Cobertura	Bloco Cerâmico	25,4	25,9	M
		Laje Intermediária		23,9	25,9	M/I
		Cobertura	Bloco de Concreto	26,3	25,9	Não Atende
		Laje Intermediária		25,2	25,9	M
Florianópolis	3	Cobertura	Bloco Cerâmico	27,5	26,5	Não Atende
		Laje Intermediária		26,2	26,5	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	28,2	26,5	Não Atende
		Laje Intermediária		27	26,5	Não Atende
São Carlos	4	Cobertura	Bloco Cerâmico	26,7	26,9	M
		Laje Intermediária		25,5	26,9	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	27,6	26,9	Não Atende
		Laje Intermediária		26,5	26,9	M
Brasília	4	Cobertura	Bloco Cerâmico	29,4	26,6	Não Atende
		Laje Intermediária		26,5	26,6	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	30,7	26,6	Não Atende
		Laje Intermediária		28,4	26,6	Não Atende
Santos	5	Cobertura	Bloco Cerâmico	28	27,5	Não Atende
		Laje Intermediária		27	27,5	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	28,7	27,5	Não Atende
		Laje Intermediária		27,6	27,5	Não Atende
Presidente Prudente	6	Cobertura	Bloco Cerâmico	30,4	30,2	Não Atende
		Laje Intermediária		28,6	30,2	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	31,4	30,2	Não Atende
		Laje Intermediária		30,1	30,2	M
Teresina	7	Cobertura	Bloco Cerâmico	34,2	34,4	M
		Laje Intermediária		32,3	34,4	M/I
		Cobertura	Bloco de Concreto	35,4	34,4	Não Atende
		Laje Intermediária		34	34,4	M
Belém	8	Cobertura	Bloco Cerâmico	31,5	31,8	M
		Laje Intermediária		30	31,8	M
		Cobertura	Bloco de Concreto	32,5	31,8	Não Atende
		Laje Intermediária		31,4	31,8	M

As tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos localizadas em Caxias do Sul, São Paulo e Teresina, foram as únicas a atender também ao nível I de desempenho ($T_{\text{máxima interna}} \leq T_{\text{máxima externa}} - 2^\circ \text{C}$ para as zonas de 1 a 7 e $T_{\text{máxima interna}} \leq T_{\text{máxima externa}} - 1^\circ \text{C}$ para a zona 8). Para as cidades de Florianópolis, Brasília e Santos, somente a tipologia com alvenaria de blocos cerâmicos do pavimento intermediário atendeu ao nível mínimo de desempenho.

Já as tipologias com alvenaria de blocos de concreto do pavimento intermediário apresentaram desempenho adequado com base no projeto de norma, para Caxias do Sul, Ponta Grossa, São Paulo, São Carlos, Presidente Prudente, Teresina e Belém onde foi atendido o nível mínimo de desempenho. Para as cidades de Florianópolis, Brasília e Santos não foram atendidos nenhum dos níveis de desempenho para verão. No verão também ocorreu diferenças nas temperaturas máximas internas de

acordo com o pavimento, sendo que as tipologias da cobertura apresentaram-se elevadas em cerca de 1°C em boa parte dos casos. O mesmo ocorreu para as temperaturas internas do inverno.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que para ambas as estações, as tipologias com alvenaria de blocos cerâmicos apresentaram melhor desempenho térmico em relação às tipologias com alvenaria de blocos de concreto, principalmente para o pavimento intermediário.

O acréscimo na temperatura interna para as tipologias da cobertura de cerca de 1°C em relação às tipologias do pavimento intermediário se explica pelo fato do telhado ser o componente mais exposto à radiação solar. Grande parte dessa energia é absorvida e transferida para o interior das edificações, aumentando os ganhos térmicos e conseqüentemente, elevando a temperatura interna.

Por fim, ressalta-se que o fato de determinada tipologia não atender aos níveis de desempenho estabelecidos por norma não implica exatamente em inadequação para aplicação em determinados locais de acordo com a zona bioclimática, pois para contornar tais problemas podem ser utilizados recursos adicionais, principalmente a aplicação de soluções passivas de adequação climática, quando possível.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220 Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. (ABNT). Projeto de Norma 02:136.01-001. **Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual Técnico para Implementação: Habitação 1.0: Bairro saudável**. 1ª Ed. São Paulo: ABCP, 2002.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO DO ESTADO DE SÃO PAULO (CDHU). **Padrão Habitacional V052H-01 - Arquivos de Auto CAD**. São Paulo, 2007.

_____. (CDHU). **Manual Técnico de Projetos**. São Paulo, 1998.

_____. (CDHU). **Memorial Descritivo/ Especificações Técnicas V052H-01 (ANTIGO VI22B-V2)/ V052G-01 (ANTIGO VI22F-V2)**. São Paulo, 2005.

DÉFICIT Habitacional no Brasil 2005/ Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. Belo Horizonte, 2006. 200p. Projeto PNUD-BRA-00/019 - Habitar Brasil – BID. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/media/Deficit2005.pdf>> Acesso em abr. 2007.

MENDES, N.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J. A. B. **Building Simulation in Brazil** In: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 2001, Proceedings... Rio de Janeiro, 2001.

RORIZ, M. (Programação); BASSO, A. (Dados). **ARQUITROP Versão 3.0: Conforto térmico e economia de energia nas edificações**. Sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto em Arquitetura e Engenharia Civil. São Paulo: UFSCAR, 1989.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPESP – Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e do Laboratório de Construção Civil (LCC) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC – USP).