

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE ENTORNO NO DESEMPENHO TÉRMICO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL (HIS)

Giovana C. B. Weiller (1); Miriam J. Barbosa (2)

(1) Departamento de Construção Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento - Universidade Estadual de Londrina, Brasil

(2) Departamento de Construção Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento - Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail: mjb@uel.br

RESUMO

O trabalho discute a importância da avaliação do desempenho térmico através de parâmetros representativos da qualidade térmica global de HIS, já que a norma referente ao desempenho térmico em vigor no Brasil, a NBR 15220, adota parâmetros prescritivos. O objetivo é identificar parâmetros de avaliação que considerem também a influência das variáveis de entorno no desempenho térmico das habitações. O estudo desenvolveu-se em quatro unidades habitacionais em Londrina. A partir da mesma tipologia construtiva, selecionaram-se condições de entorno distintos: topografia, orientação geográfica e sombreamento e um caso base como referência. Realizaram-se medições de temperatura do ar, umidade relativa e temperatura de globo nos períodos de verão e inverno para conhecer as condições térmicas das habitações. Simularam-se os casos em estudo, através do programa *EnergyPlus*, gerando dados internos horários para o ano inteiro. A coleta de dados possibilitou a avaliação das HIS por: NBR 15220 (2005), PNBR02.136.01.001 (2004), ASHRAE:55 (2004) e Horas de Desconforto de Barbosa (1997) analisando-se qual metodologia apresenta parâmetros que refletem as condições encontradas nas medições *in loco*. Os métodos prescritivos apontaram para condições térmicas idênticas nos quatro casos; os métodos por desempenho e de conforto apontaram para o caso “orientação” como sendo o mais desconfortável no período de verão e inverno, em contrapartida ao caso “sombreamento”. Os parâmetros utilizados pelos métodos por desempenho representam melhor as condições térmicas das edificações. Apresentação de métodos e parâmetros de avaliação representativos da qualidade térmica dos ambientes.

Palavras-chave: avaliação do desempenho térmico, conforto térmico, variáveis de entorno.

ABSTRACT

The paper discusses the importance of the thermal performance evaluation through representative parameters of global thermal quality in HIS (low-income housing), since the thermal standard in effect in Brazil, NBR 15220, adopts prescriptive parameters. The objective is to identify evaluation parameters that also consider the influence of the external environment variables in the thermal's performance in housing. The study was conducted in four housing units in Londrina. Based on the same constructive typology, distinct external environments were selected: topography, geographic orientation, shading and a pilot case as reference. We measured the air temperature, the air relative humidity and globe temperature during the summer and winter periods to understand the housing thermal conditions. We studied cases with different scenarios through the *EnergyPlus* program, which generated hourly internal data for the whole year. The internal data collection provided us with a evaluation of HIS (low-income housing) according to: NBR15220 (2005), PNBR02.136.01.001 (2004), ASHRAE:55 (2004) and Discomfort Hours by Barbosa (1997) we analyzed which methodology presents parameters that reflect the conditions found in the measurements *in loco*. The prescriptive methods pointed to identical thermal conditions in the four cases; the performance and comfort methods pointed to the "orientation" case as being the most uncomfortable in both summer and winter period, unlike the "shading" case. The parameters used by performance methods provide a better representation of the building thermal conditions. Methods presentation and representative evaluation parameters of the environment thermal quality.

Key words: thermal performance evaluation, low-income housing, thermal comfort, environment external variables

1 INTRODUÇÃO

Algumas políticas públicas de habitação surgem no intuito de melhorar as condições de vida das camadas menos favorecidas da sociedade. Entretanto, a análise da realidade brasileira, assim como da cidade de Londrina – PR, mostra que tais medidas intencionam apenas a velocidade e quantidade de habitações produzidas, como forma de valorizar a gestão corrente. A preocupação de produzir cada vez mais e a um custo mínimo, causa o abandono da qualidade das habitações, não sendo observados aspectos bioclimáticos e adequação ao uso na elaboração do projeto arquitetônico.

A resposta qualitativa da edificação deve estar intimamente ligada à importância dada ao projeto arquitetônico, principalmente no que se refere ao conforto térmico, um dos aspectos mais significativos quando se avaliam as condições de conforto de uma edificação. Porém, assim como as políticas públicas, a formação acadêmica dos profissionais de projeto desconsidera a importância da adoção de estratégias de conforto térmico como característica indispensável da qualidade da concepção.

De acordo com Lamberts *et al.* (1997), outra importante causa do abandono da qualidade das habitações, foi o desenvolvimento de estratégias artificiais de condicionamento do edifício somado à grande oferta de recursos energéticos, o que impulsionou os profissionais a esquecerem de artifícios naturais e do respeito ao meio ambiente. Segundo Menezes (2006), contribui também para a ineficiência térmica das habitações, a falta de normas que definam desempenhos a serem obtidos nessas edificações, os quais deveriam observar definições tecnológicas que atendessem a parâmetros técnicos fixados por normas nacionais e/ou internacionais.

Internacionalmente, as normas técnicas referentes ao conforto térmico estão em constante evolução, apresentando diferentes parâmetros de avaliação do desempenho térmico das edificações. A *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, apresenta a norma *ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy*, que remete a parâmetros internos de conforto térmico do usuário; a *International Organization for Standardization*, ISO 7730, baseia-se em parâmetros que demonstram o índice de aceitação térmica do ambiente pelo usuário.

O Brasil vem iniciando seu processo de normalização com a Norma NBR 15220 – Desempenho Térmico de edificações, e o Projeto de Norma PNBR 02:136.01 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos. Todavia, tem-se notado uma dificuldade em obter resultados representativos da sensação de conforto do usuário pela avaliação do desempenho térmico de habitações de interesse social através das normas e textos pertinentes. Tal dificuldade é resultado da insuficiência de parâmetros de avaliação que considerem a influência das variáveis de entorno da edificação e do micro clima local resultante.

A avaliação do desempenho térmico através de parâmetros que representem a sensação de conforto do usuário é muito importante na retomada da qualidade do projeto arquitetônico, da implantação do empreendimento, das condições de habitabilidade e de vida. De acordo com Siqueira *et al.* (2005), esta avaliação deve reunir a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo, onde a caracterização do entorno e das condições climáticas locais é uma etapa importante.

Segundo Batista (2006), a utilização de diretrizes 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 mais acessíveis. Nesse contexto, encontram-se diversos estudos e pesquisas sobre estratégias bioclimáticas de condicionamento passivo para as regiões do Brasil (CARDOSO, 2002; LOUREIRO, 2003; MENEZES, 2006; entre outros).

Tendo o Brasil iniciado o processo de normalização, torna-se fundamental a realização de pesquisas em habitações de interesse social para que se possa analisar a eficiência dos parâmetros definidos pelas metodologias quanto à sua representatividade da qualidade térmica das edificações frente às necessidades dos usuários. Com isso, criam-se subsídios para estudos futuros e importantes informações que possam embasar futuras formulações de normas de conforto térmico. Além disso, os gestores públicos terão à disposição informações técnicas e científicas que podem ser utilizadas

visando encontrar parâmetros de avaliação que representem a qualidade térmica das habitações construídas e em fase de projeto, melhorando as condições de vida de seus ocupantes.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é identificar parâmetros de avaliação que considerem a influência das variáveis de entorno no desempenho térmico de habitações de interesse social, avaliando as habitações de interesse social de Londrina através de métodos prescritivos e de desempenho.

3 MÉTODOS E MATERIAIS

3.1 Estudo de Caso

O trabalho desenvolveu-se através de estudos de unidades habitacionais na cidade de Londrina, a fim de mostrar a influência das condições do entorno no desempenho e conforto térmico. O intuito é justificar que não são apenas as características construtivas, como as propriedades físicas dos materiais (absortância, transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar), que interferem no desempenho e conforto térmico. Dessa forma, foram escolhidas 4 unidades residenciais com características construtivas semelhantes (mesmos materiais de construção e projeto arquitetônico) e características de entorno diferentes.

A partir da análise preliminar do Conjunto Habitacional São Vicente Palloti, foram selecionadas diferentes condições de entorno: **topografia (T)**, **orientação geográfica (O)** e **sombreamento das fachadas (S)**. Escolheu-se uma residência como caso base (B), que serviu para comparação entre as outras três unidades (T, O, e S, respectivamente), as quais foram escolhidas tendo em vista as características de entorno que se desejavam verificar. A figura 1 mostra um esquema da implantação das unidades habitacionais, com valores de altitude observados pelas curvas topográficas; e o ambiente onde foram realizadas as medições de dados climáticos internos. A figura 2 apresenta todo o conjunto habitacional com as curvas de nível e as referências espaciais, com destaque às unidades de estudo.

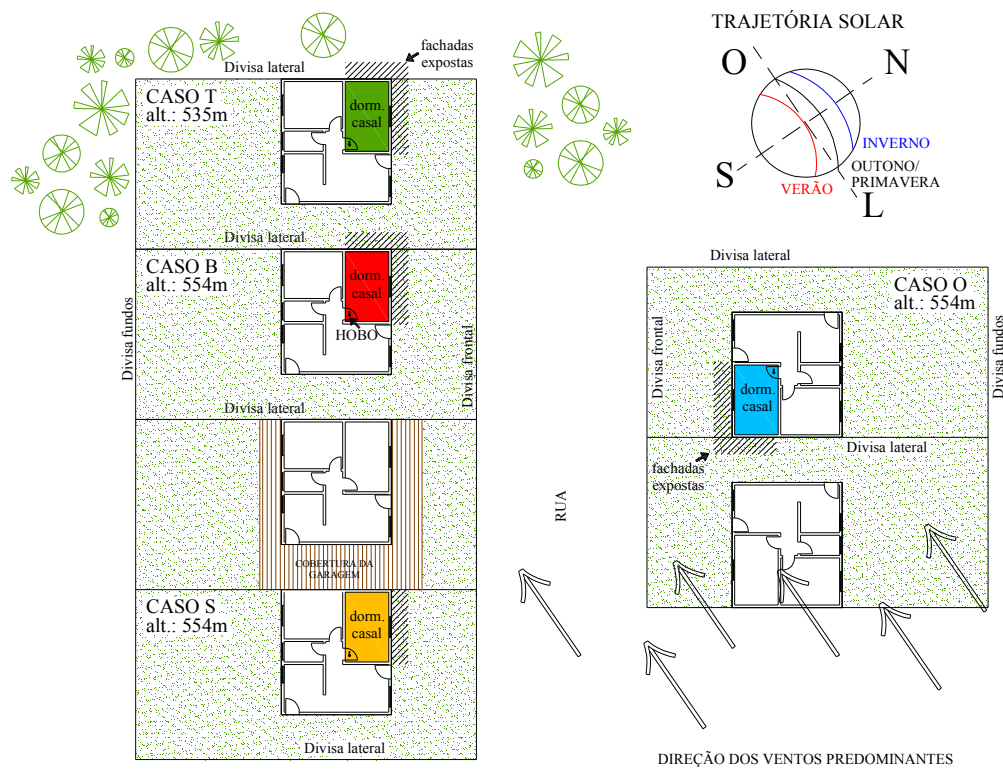


Figura 1 - Croqui explicativo de situação das unidades habitacionais

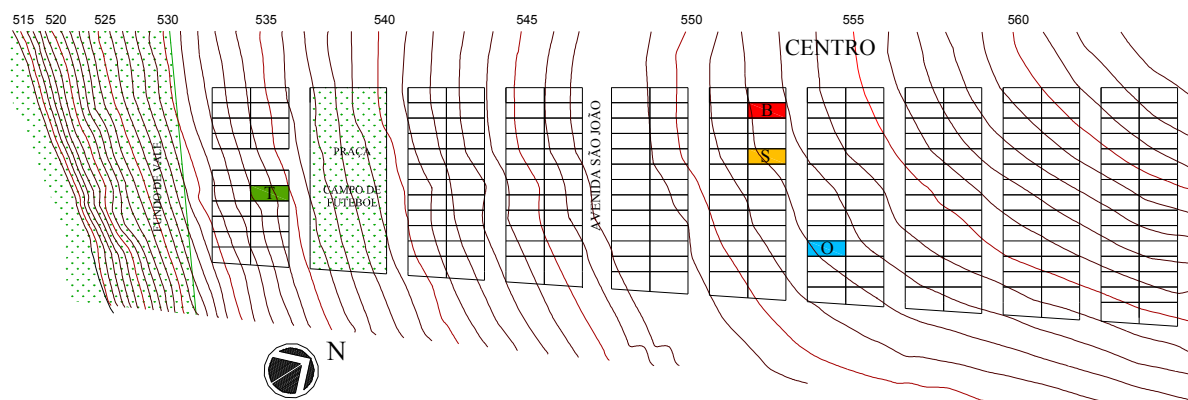


Figura 2 - Implantação do Conjunto Habitacional São Vicente Palotti

3.2 Coleta de Dados

3.2.1 Monitoramento das Variáveis Ambientais Internas

Foram realizadas medições *in loco* das temperaturas de ar (TBS) e de globo (TG) e umidade relativa do ar (UR) no interior das habitações de estudo, no período típico de verão e inverno. A aquisição dos dados foi realizada com o auxílio de equipamentos eletrônicos chamados *HOBO® Temp Data Logger* da *Onset Computer Corporation*, programados para adquirirem os dados a cada hora. Antes da instalação, os HOBOS foram aferidos colocando-os em um recipiente metálico hermético. Montou-se um abrigo para proteger os registradores da influência da incidência de radiação, de acordo com as recomendações da ISO 7726 (1996). O abrigo foi confeccionado em garrafa plástica tipo PET com aberturas para ventilação na parte inferior e superior e recoberta por lâminas refletivas de papel alumínio em sua face externa. Um sensor externo de captação de dados foi conectado ao HOBO e inserido no interior de um globo negro para obtenção das TGs. Devido à indisponibilidade de globos padronizados, utilizaram-se globos de material plástico de 9 cm de diâmetro pintados com tinta preta fosca. Tal adaptação foi utilizada por Batista (2006), que obteve resultados válidos com o sistema adaptado. Os sensores foram colocados no dormitório do casal, acima da porta (preso ao teto), a aproximadamente 2,20m do piso, garantindo assim, iguais condições de entorno em relação à ventilação e radiação vindas da janela. Os dados obtidos pelas medições possibilitaram o conhecimento da situação térmica das unidades em estudo separadamente, além da avaliação térmica dos ambientes através do PNBR 02:136.01.001 (ABNT, 2004) em seu procedimento 3 por medição.

3.2.2 Obtenção das Variáveis Climáticas Externas

A coleta e o tratamento dos dados climáticos do ambiente externo têm por objetivo auxiliar a análise e compreensão dos resultados obtidos da avaliação térmica das edificações em estudo. Os dados climáticos horários do ambiente externo (TBS e UR) equivalentes ao período de medição no interior das habitações foram obtidos junto a uma estação de medição montada no Campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL), para pesquisas afins. Obtiveram-se também relatórios mensais da cidade de Londrina referentes aos meses de medição junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Os relatórios apresentam dados relativos a cada dia do mês, como temperaturas máximas, médias e mínimas diárias; umidade relativa média; estado geral do tempo; direção predominante do vento; insolação; entre outras variáveis climáticas externas.

Tanto a estação de medição do Campus da UEL, quanto a do IAPAR, localiza-se distantes do Conjunto Habitacional (6 a 8 km), entretanto, suas utilizações deram-se por serem os únicos bancos de dados atualizados disponíveis ao pesquisador.

3.3 Simulação das Variáveis Ambientais Internas

O objetivo da simulação é obter dados horários para o ano todo, já que a medição *in loco* só foi feita nos períodos típicos de verão e inverno. O arquivo climático usado para as simulações foi montado

utilizando os dados climatológicos da estação de medição da UEL, de 2006 e 2007. A simulação de dados horários permitiu aplicar a norma ASHRAE 55 (2004) e a metodologia das Horas de Desconforto proposta por Barbosa (1997).

A calibração do modelo foi feita através da comparação dos resultados obtidos por simulação do caso B com os dados climáticos medidos *in loco* para o mesmo período do ano, ajustando-se o modelo de forma a representar a edificação em todas as épocas do ano. Nos ajustes levou-se em conta a variação do fluxo de ar incidente na edificação, dado ao padrão de uso das aberturas pelos moradores (ajustes no esquema da infiltração de ar); e a variação da carga térmica total proveniente das pessoas e de equipamentos. Esses dois fatores foram sendo controlados até que os dados obtidos pela simulação fossem semelhantes aos dados medidos nas edificações.

3.4 Avaliação do Desempenho Térmico das Edificações

A avaliação do desempenho térmico das edificações através de diferentes metodologias tem por objetivo analisar qual delas reflete as condições encontradas nas edificações durante o período de medição *in loco*, principalmente em função das variáveis de entorno de cada caso de estudo. Verificou-se o enquadramento das habitações de interesse social nos parâmetros determinados pela NBR 15220 (ABNT, 2005); pelo PNBR 02:136.01 (ABNT, 2004); pela norma americana ASHRAE 55:2004 e pelo Método das Horas de Desconforto de Barbosa (1997).

3.4.1 Avaliação por Parâmetros Prescritivos

A partir das características construtivas das edificações, as quais se resumem na tipologia básica do conjunto, foram calculadas as propriedades térmicas das paredes e das coberturas e contabilizadas as áreas de aberturas para ventilação. Para isso, utilizou-se o método de cálculo expresso na NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Os valores encontrados foram comparados aos limites recomendados pela **NBR 15220** (ABNT, 2005) para Zona Bioclimática 3, na qual a cidade de Londrina encontra-se inserida, e pelo **PNBR 02:136.01** (ABNT, 2004); verificando-se o nível de adequação ambiental do projeto das habitações para cada metodologia de avaliação.

3.4.2 Avaliação por Parâmetros de Desempenho

A avaliação por desempenho foi feita através de três metodologias distintas: PNBR 02:136.01.001 (ABNT, 2004), norma ASHRAE 55 (2004) e Método das Horas de Desconforto de Barbosa (1997).

Na avaliação do desempenho térmico das unidades através do procedimento por medição definido no **PNBR 02:136.01.001** (ABNT, 2004), compararam-se as temperaturas internas medidas em cada unidade com as temperaturas externas obtidas no campus da UEL, observando-se os dias típicos de verão e inverno. Adotou-se o estudo de Barbosa (1999), o qual define os dias típicos de verão e inverno para a cidade de Londrina. A partir dos dados climáticos internos de cada unidade para o dia típico e dos dados externos, procedeu-se à classificação do desempenho das edificações de acordo com os critérios mínimo, intermediário e superior; segundo as recomendações do PNBR 02:136.01.001 (ABNT, 2004).

A avaliação térmica dos ambientes pela norma americana **ASHRAE 55** (2004) foi feita através da simulação das condições internas do ambiente (temperatura operativa e razão de umidade), com as quais o programa de simulação gerou uma resposta de aceitabilidade – ou não - do ambiente térmico de acordo com a Zona de Conforto para verão e inverno (0,5 e 1,0 *clo*, respectivamente), expressa no item *Graphical method for typical indoor environments* da referida norma.

O **Método das Horas de Desconforto** proposto por Barbosa (1997), consiste na verificação da quantidade de horas de desconforto obtidas para um ano inteiro, tanto pelo frio como pelo calor, respeitando um limite máximo de 1.000 horas de desconforto para que uma habitação de interesse social apresente desempenho térmico mínimo. Para isso, utilizaram-se dados climáticos simulados pelo programa *EnergyPlus*, destacando-se as TBSs superiores a 29°C e inferiores a 18°C.

3.5 Análise dos Métodos de Avaliação e seus Parâmetros

Após concluir a avaliação do desempenho térmico das unidades habitacionais – realizada por quatro métodos diferentes-, foi feita uma análise dos métodos e parâmetros de avaliação utilizados. Compararam-se os resultados obtidos em cada um desses métodos com os resultados das medições *in loco* das condições térmicas de cada caso de estudo.

A medição *in loco* das condições térmicas dos ambientes internos serviu como fonte de conhecimento da qualidade térmica real das edificações. Com isso, puderam-se analisar os métodos que, através de seus parâmetros, conseguiram visualizar semelhante resposta térmica obtida nas medições para cada caso de estudo; métodos esses que estarão representando a sensação de conforto dos usuários e a qualidade térmica global das habitações, pois seus parâmetros consideraram a influência das variáveis de entorno e do microclima local em suas avaliações.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Dados climáticos obtidos por medição *in loco*

A tabela 1 apresenta um resumo dos dados obtidos com as medições *in loco* nos períodos típicos de verão (15/12/2006 a 15/01/2007) e inverno (01/07 a 31/07/2007).

Tabela 1 - Resumo dos dados medidos no período de verão e inverno.

Dados Medidos		Externo		Caso Base		Topografia		Orientação		Sombreamento	
Temperatura do Ar (°C)	máxima	35,70	31,93	34,04	28,22	34,30	28,17	36,90	-	33,94	27,50
	média	24,40	16,30	27,66	21,54	27,39	21,32	28,65	-	27,26	21,07
	mínima	17,90	3,31	23,47	14,72	23,42	14,40	25,40	-	23,80	14,79
Temperatura de Globo (°C)	máxima	-	-	34,33	27,87	34,62	28,34	37,09	-	34,41	27,21
	média	-	-	27,42	21,10	27,42	21,33	28,70	-	27,41	20,82
	mínima	-	-	23,42	13,95	23,71	14,40	25,35	-	23,97	14,26
Umidade Relativa do Ar (%)	máxima	100	100	86,29	82,43	87,53	83,32	84,06	-	85,85	78,24
	média	81,64	64,18	71,82	61,13	71,41	58,68	68,33	-	70,00	58,13
	mínima	25,60	24,00	38,11	39,29	37,53	38,69	37,73	-	38,19	39,27

O HOBO instalado do caso O apresentou problemas na captação das informações no inverno, não sendo possível analisar os dados medidos dessa unidade. As figuras 3 e 4 ilustram as variações de TBS durante o período de medição de verão e inverno, comparado aos dados do ambiente externo.

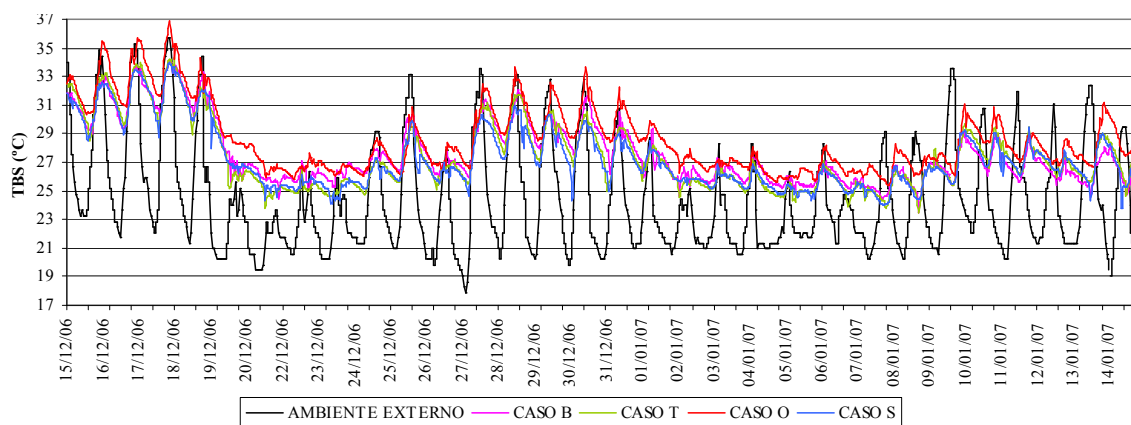


Figura 3 - Resultado das medições *in loco* e do ambiente externo no período representativo de verão

Os dados de TBS do **caso topografia** em comparação com o **caso base** aproximaram-se bastante. Entretanto, diferenças significativas foram encontradas quanto ao atraso térmico no verão com 3,64 e 4,63h no caso base e topografia, respectivamente. De acordo com Papst *et al.*(2005), a topografia tem forte influência na temperatura do ar devido ao seu efeito na orientação e inclinação do solo, na exposição ao vento, resfriamento noturno e fluxos de ar.

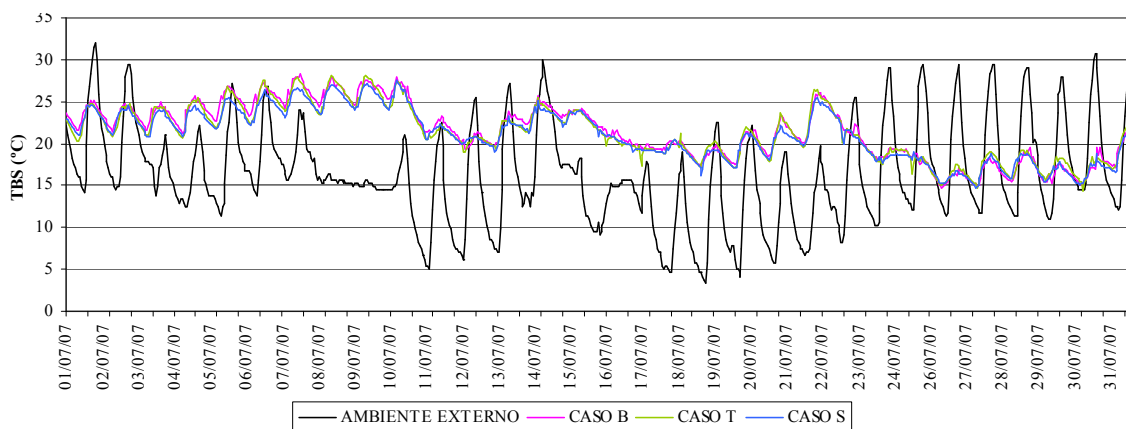


Figura 4 - Resultado das medições *in loco* e do ambiente externo no período representativo de inverno

Em geral, o **caso orientação** apresentou valores mais altos de TBS e TG, com registros de umidade mais baixos, em comparação a todas as outras 3 unidades, dada à trajetória solar na estação verão e à maior exposição à radiação solar incidente nas paredes sudeste e sudoeste no verão, confirmando que, em climas quentes é desejável uma menor área de fachada exposta à radiação solar, uma vez que a redução dos ganhos térmicos durante o dia é o fator primordial para minimizar o aquecimento da edificação (GIVONI, 1997). Em relação à proteção da fachada lateral, o **caso sombreamento** apresentou TBS média inferior ao caso base, ou seja, ao se promover o sombreamento, minimizam-se as condições de temperatura externa às quais a edificação está exposta, reduzindo ganhos de calor pelas paredes e janelas (GIVONI, 1994).

4.2 Avaliação por Parâmetros Prescritivos

As tabelas 1 e 2 mostram os valores encontrados para as propriedades térmicas da tipologia das unidades habitacionais, de acordo com o método de cálculo expresso na NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Tabela 1 - Propriedades Térmicas calculadas para a Tipologia básica

Tipologia Básica	U (W/m².K)	C _T (kJ/m².K)	φ (horas)	FSo (%)	α
Paredes	2,68	149,68	3,31	2,14	0,20
Cobertura	2,008	264,48	5,54	6,42	0,80

Tabela 2 - Áreas de aberturas para ventilação

Ambientes	Área piso (m²)	Área janela (m²)		A (em % da área do piso)	
		Total	Efetiva	Total	Efetiva
Sala	10,36	1,20	0,60	11,58	5,79
Quarto casal	10,45	1,20	0,60	11,48	5,74
Quarto solteiro	9,48	1,20	0,60	12,65	6,32
Cozinha	6,44	0,96	0,48	14,90	7,45

A partir dos limites e recomendações sugeridos pela **NBR 15220-3** (ABNT, 2005), observa-se que os fechamentos (paredes e cobertura) atendem às especificações, exceto quanto ao atraso solar da cobertura. Quanto à ventilação, aponta uma porcentagem insuficiente. No inverno, não foi verificado o aquecimento solar da edificação e o uso de vedações internas pesadas, mas observa-se a entrada do sol pelas aberturas. No verão verificou-se ventilação cruzada entre as aberturas.

Quanto aos limites do **PNBR 02:136.01** (ABNT, 2004), obteve-se nível mínimo de desempenho em todas as propriedades dos fechamentos; entretanto a cobertura apresentou capacidade térmica maior que o especificado para condições sem isolamento e as área de aberturas mostraram-se insuficientes.

4.3 Avaliação por Parâmetros de Desempenho

4.3.1 PNBR 02:136.01

Analisando as TBS medidas nas unidades e comparando-as com a TBS externa máxima registrada no dia típico adotado para verão (18/12/2006), observa-se que todos os casos de estudo são classificados com nível de desempenho mínimo já que possuem TBS menores que a TBS do ambiente externo, à exceção do caso orientação, que apresentou TBS interna maior que a externa (ver figura 5).

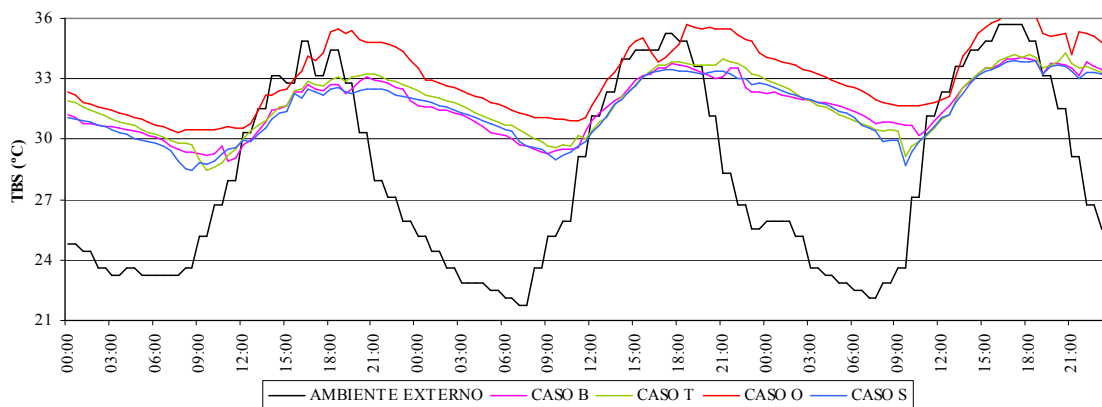


Figura 5 – Variação das TBSs das unidades e do ambiente externo no dia típico de verão

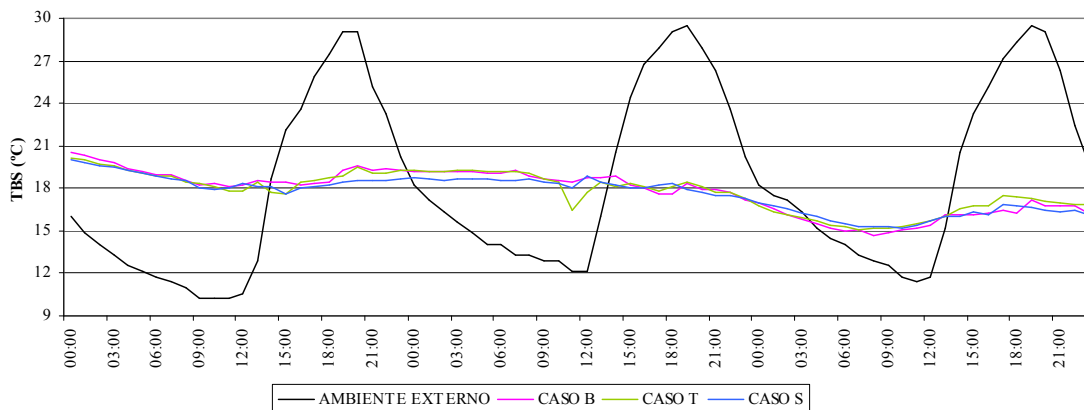


Figura 6 – Variação das TBSs das unidades e do ambiente externo no dia típico de inverno

No inverno, considerando o dia típico adotado como 26/07/2007, o caso B alcançou nível de desempenho mínimo, com valor mínimo diário de temperatura do ar acima dos 12°C. Os casos S e T atingiram desempenho intermediário, com temperatura mínima acima dos 15°C (ver figura 6).

4.3.2 ASHRAE: 55 (2004)

O resultado da aplicação da norma americana é mostrado na figura 7, com a quantidade de horas em que o ambiente esteve em desconforto térmico; e dentro da zona de conforto para inverno e verão.

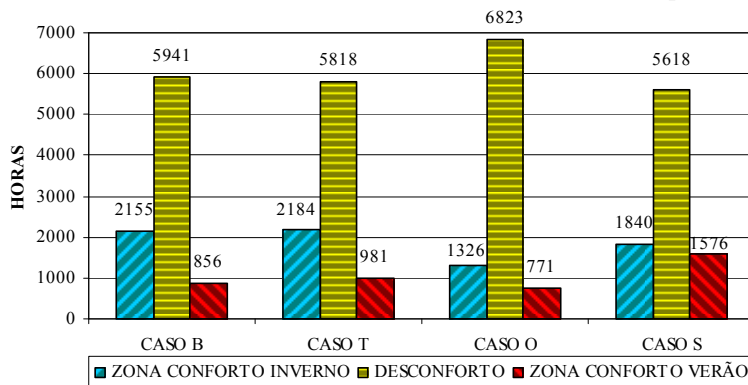


Figura 7 - Frequência das horas de acordo com a Zona de Conforto da ASHRAE-55

Observa-se que o caso O obteve o maior índice de desconforto, em contrapartida ao caso S. Nota-se também a maior incidência das horas de conforto na zona de inverno, consequência das altas umidades obtidas na estação verão, as quais levaram a uma condição climática insatisfatória de acordo com os limites dessa metodologia de avaliação.

4.3.3 Método das Horas de Desconforto

O resultado da avaliação do desempenho térmico pela metodologia de Barbosa (1997), a partir dos dados horários obtidos pela simulação (8760 horas) é mostrado na figura 8. Com um total de horas de desconforto por ano acima de 1000 horas, todas as unidades foram consideradas inadequadas por esse método. Percebe-se que os casos S e T ficaram muito próximos da situação recomendada, ao contrário do caso O, com 49% das horas em desconforto, onde se observa desconforto maior tanto no verão quanto no inverno, em relação às outras unidades.

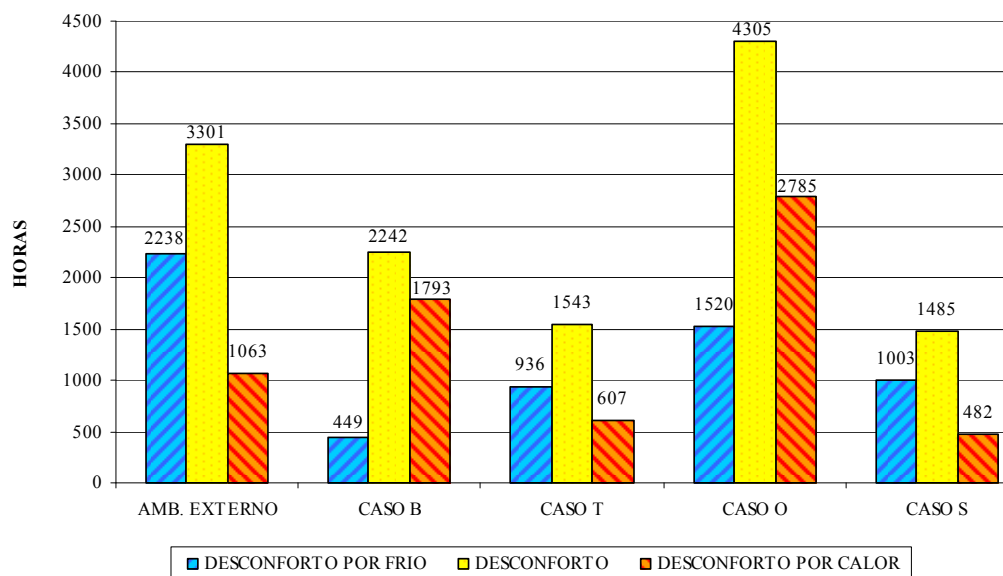


Figura 8 - Frequência das TBS simuladas de acordo com a Zona de Conforto de Givoni (1992)

5 CONCLUSÃO

Através da medição *in loco* pode-se perceber, a princípio, que as unidades respondiam de forma distinta às variáveis de entorno que lhes foram determinadas. Entretanto, as avaliações pelos métodos prescritivos obtiveram o mesmo resultado para as quatro unidades, já que foram construídas com a mesma tipologia básica. Já os métodos de avaliação por desempenho apontaram resultados diferentes para cada caso em estudo, os quais chegaram a ter suas TBS variando em até 3°C para o mesmo horário. Assim, os parâmetros de avaliação utilizados pelos métodos por desempenho, refletem melhor a realidade térmica observada nas medições *in loco*, pois consideram o entorno da edificação, analisando a resposta global da edificação em relação às condições do ambiente externo.

As condições de TBS, UR, velocidade do ar e temperatura radiante dos ambientes internos refletem praticamente todas as influências e interferências que a edificação está sofrendo do meio externo, das características construtivas e das propriedades dos materiais utilizados; logo, a determinação de limites para essas variáveis permite uma avaliação representativa da qualidade térmica das edificações.

As diversas metodologias de avaliação por desempenho apresentadas neste trabalho, apontam, de formas distintas, limites de aceitabilidade para os parâmetros acima citados; coincidindo no caso O como sendo o mais desconfortável no verão e no inverno. A partir desses resultados, conclui-se que métodos por desempenho devem integrar normas de desempenho térmico de edificações.

6 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55/2004**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ANSI, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **PNBR 02:136.01**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2004.

BARBOSA, Miriam Jerônimo. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997. 274 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BARBOSA, Miriam Jerônimo et. al. (Orgs.). **Arquivos climáticos de interesse para a edificação nas regiões de Londrina e Cascavel (PR)**. Londrina: Editora da UEL, 1999. v. 1. 62 p.

BATISTA, Juliana Oliveira. **A arquitetura e seu desempenho térmico no contexto do semi-árido alagoano: Estudos de caso em Santana do Ipanema-AL**. 2006. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CARDOSO, João Carlos Mendes. **Estratégias visando eficiência energética e conforto térmico incorporados aos projetos de edifícios residenciais em Maringá –PR**. 2002. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/pos_graduacao.html>. Acesso em: 20 jun. 2006.

GIVONI, B. **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.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: AU editores, 1997.

LOUREIRO, Kelly Cristina G. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**. 2003. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MENEZES, Milton Serpa. **Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo-RS**. 2006. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

PAPST, Ana Lígia et al. **Eficiência energética e uso racional da energia na edificação**. Florianópolis: LABSOLAR, 2005. 121 p.

SIQUEIRA, Túlio C. P. A.; AKUTSU, Maria; LOPES, Jarbas I. E.; SOUZA, Henor A. **“Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações”**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, n.58, p. 133-138, abr./jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 09 set. 2006.