

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL UNIFAMILIAR EM SANTA MARIA – RS

Giane Grigoletti (1); Renata Rotta (2); Sâmila Muller (3)

(1) Arquiteta e Urbanista, Doutora em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, grigoletti@smail.ufsm.br

(2) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, arqrotta@gmail.com

(3) Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo, samila.muller@yahoo.com.br

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Santa Maria - RS, 97105-900, Tel.: (55) 3220 8771

RESUMO

Problemas de conforto térmico em habitações de interesse social (HIS) têm sido objeto de estudos de várias pesquisas no Brasil. Muitos esforços são aplicados na melhoria do desempenho térmico de HIS. Este estudo contribui com a avaliação parcial de desempenho térmico de HIS construídas no município de Santa Maria, interior do estado do RS e que é apontada pelo órgão público municipal responsável por esse tipo de empreendimento como uma solução não recomendada devido aos problemas apresentados no decorrer dos anos. Foram analisadas três tipologias de um, dois e três dormitórios. O objetivo é verificar esta afirmativa através de três métodos diferentes: verificação da conformidade com as normas brasileiras de desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), opinião dos usuários e medições *in loco*. O artigo apresenta resultados parciais obtidos para um período específico do ano (mês de outubro). Foi analisada a conformidade de paredes e coberturas com as recomendações da norma brasileira para a Zona Bioclimática 2, aplicadas entrevistas a trinta moradores do conjunto residencial (perguntas fechadas e abertas) e feitas medições *in loco* para catorze dias (18 a 31 de outubro de 2008) com o aparelho HOB0 ® da Onset. Os resultados corroboraram a opinião do órgão público, ou seja, o baixo desempenho térmico da solução.

Palavras-chave: desempenho térmico, habitação de interesse social, avaliação.

ABSTRACT

The lack of thermal comfort of low cost housing in Brazil has been object of recurring research and many efforts have been directed towards improving the thermal performance of housing for poor. This paper contributes with the partial evaluation of thermal performance of usual low cost housing built in Santa Maria, South of Brazil. The selected solution is considered by local government a not-recommended solution due to its low thermal performance perceived by the users. Three types of houses were analysed (with one, two and three bedrooms). The study aims at verifying the government affirmative by the use of three methods: simulation according to Brazilian Standards, survey and in situ measurement. This paper presents the results obtained during October (18th to 31st). Thermal parameters of walls and roofs were analysed according to Brazilian Standards that is based on Bioclimatic Zones. Survey was applied to thirty families that live in the three different typologies in a same housing project. The used tool is a questionnaire about users' habits and domestic equipments. In situ measurements were carried with HOB0 © sensors during fourteen days. Outdoor and indoor air temperatures were measured for three different typologies. The simulation, the survey and the in situ measurements result in the same undesirable thermal behaviour for the three houses analysed and that is in accordance with the government opinion.

Keywords: thermal performance, low cost housing, evaluation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, habitação de interesse social (HIS) tem historicamente apresentado problemas de conforto térmico e eficiência energética. Por este motivo, este tipo de edificação tem sido objeto de vários estudos (SATTLER, 2003; KRUEGER & LAMBERTS, 2000; GRIGOLETTI et al., 2008; BECKER, 1992; MORELLO et al., 2006). Os estudos usam diferentes métodos, tais como simulações computacionais, percepção de usuários e medições *in loco* (TURIK, 1988, BARBOSA, 1997; GRIGOLETTI, 2007). Um dos objetivos dos estudos é definir padrões aceitáveis para diferentes realidades sociais e econômicas.

Este artigo apresenta os resultados parciais obtidos na avaliação de desempenho térmico de três tipologias diferentes (um, dois e três dormitórios) de HIS construídas em Santa Maria, cidade do interior do RS, e que foram apontadas pelo órgão público responsável por este tipo de empreendimento como solução não recomendada devido aos problemas de conforto térmico que as mesmas apresentaram durante seu uso (informalmente apontados por seus moradores).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa como um todo é definir padrões de desempenho térmico compatíveis com a prática local. Para tanto, outras tipologias serão analisadas, bem como ampliado o número de entrevistados e período de medições.

3. MÉTODO

Foram selecionados três métodos diferentes para avaliação das edificações: aplicação de questionário junto aos moradores das habitações, verificação da conformidade com recomendações de desempenho térmico definidas pela ABNT (2005) e medições *in loco* de temperatura do ar interno e externo.

O questionário compõe-se de perguntas abertas e fechadas que visam verificar a satisfação dos moradores das habitações para condições de frio e calor, bem como equipamentos usados para melhorar as condições de conforto. Foram entrevistados trinta moradores de trinta habitações diferentes (seis com um dormitório, catorze com dois dormitórios e dez com três dormitórios). As perguntas diziam respeito à idade do entrevistado, quanto tempo vivia na habitação, quantos moradores havia na mesma, quanto tempo e em que turno costumavam permanecer na habitação, sua percepção em relação ao calor e ao frio no interior da habitação, se usavam equipamentos tais como ventiladores, aquecedores elétricos e outros e em que horários faziam uso dos mesmos, cômodos mais quentes e frios, cômodos mais agradáveis no verão e no inverno, se a habitação era úmida.

Em relação às normas da ABNT, foi verificada a conformidade de paredes e coberturas com as recomendações para a Zona Bioclimática 2 a qual pertence a cidade de Santa Maria (transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar). Para a obtenção dos parâmetros térmicos foi utilizado o programa Transmitância desenvolvido pelo LABEEE da UFSC.

As medições *in loco* foram realizadas entre 18 e 31 de outubro de 2008 com aparelhos HOBO ® da Onset. Foram medidos, em cada habitação, valores de temperatura interna do ar para dois cômodos, um a oeste e outro a sul, exceção da *casa 1*, onde os sensores foram localizados no mesmo cômodo (juntos às paredes oeste e sul, vide tabela 2). Também foi medido o valor da temperatura externa do ar a partir de um ponto sob o beiral da área de serviço de uma das habitações. Os sensores foram localizados junto à parede (vide tabela 2) a uma altura aproximada de 2 metros do piso interno. Foram medidos valores de temperatura interna e externa do ar, umidade relativa do ar interno a cada quinze minutos (neste artigo a análise dos dados é feita em uma base horária).

4. C LIMA DE SANTA MARIA

Santa Maria é uma cidade com cerca de 260 mil habitantes situada no interior do Rio Grande do Sul em uma área conhecida como depressão central. Esta região é caracterizada por temperaturas médias superiores a 20°C em pelo menos 5 meses do ano, velocidade média dos ventos de 2m/s com direção predominante de Leste, com ondas de calor freqüentes (FORTES, 1959). Entre os meses de junho a setembro (inverno) a média das temperaturas mínimas varia entre 9°C a 10°C e entre os meses de dezembro a março, a média das temperaturas máximas varia entre 28°C a 30°C. Temperatura mínima e máxima registrada para o inverno e verão, entre 1961 a 1990, foram de -2,8°C e 40,2°C respectivamente (INMET, 2008).

5. HABITAÇÕES ANALISADAS

As três habitações analisadas localizam-se em uma zona urbana de baixa densidade. O bairro é formado por edificações de um só pavimento isoladas ou parcialmente isoladas no lote. O empreendimento habitacional é formado por 2.608 unidades. As habitações (tabela 1) são feitas de blocos de concreto assentados com argamassa e rebocados em ambos os lados. A cobertura é feita de telhas de fibrocimento com forro de madeira na posição horizontal. As três habitações possuem varanda no lado sul. A tabela 2 ilustra as três habitações analisadas, com um (*casa 1*), dois (*casa 2*) e três (*casa 3*) dormitórios respectivamente, bem como a posição dos sensores.

Tabela 1. Materiais de construção das três habitações analisadas

	Camada	externa	Média	Interna
Parede (cor clara)	Material	Argamassa de cimento	Bloco de concreto	Argamassa de cimento
	Espessura	0,015m	0,07m	0,015
Cobertura (cor cinza)	Material	Fibrocimento	Câmara-de-ar não ventilada	Madeira leve
	Espessura	0,006m	> 0,05m	0,008m

Tabela 2. Imagem e planta baixa das habitações analisadas

Casa	Planta baixa
<p>1</p> 	
<p>2</p> 	
<p>3</p> 	

6. RESULTADOS

A análise efetuada através da aplicação de questionários mostra insatisfação dos usuários tanto para as condições de verão quanto para as de inverno (figura 1) indo ao encontro da indicação do poder público. Cerca de 97% dos moradores questionados acham muito alta a temperatura no interior da habitação durante o verão e 67% acham esta fria no inverno. Todos confirmam usar ventiladores no verão, mas somente 17% utilizam algum tipo de aquecedor no inverno. Isso pode se justificar pela baixa renda da população residente no local avaliado uma vez que ventiladores são mais baratos do que aquecedores. Quanto à umidade, 73,34% dos entrevistados consideram a habitação úmida. Os resultados mais significativos são sintetizados na figura 1.

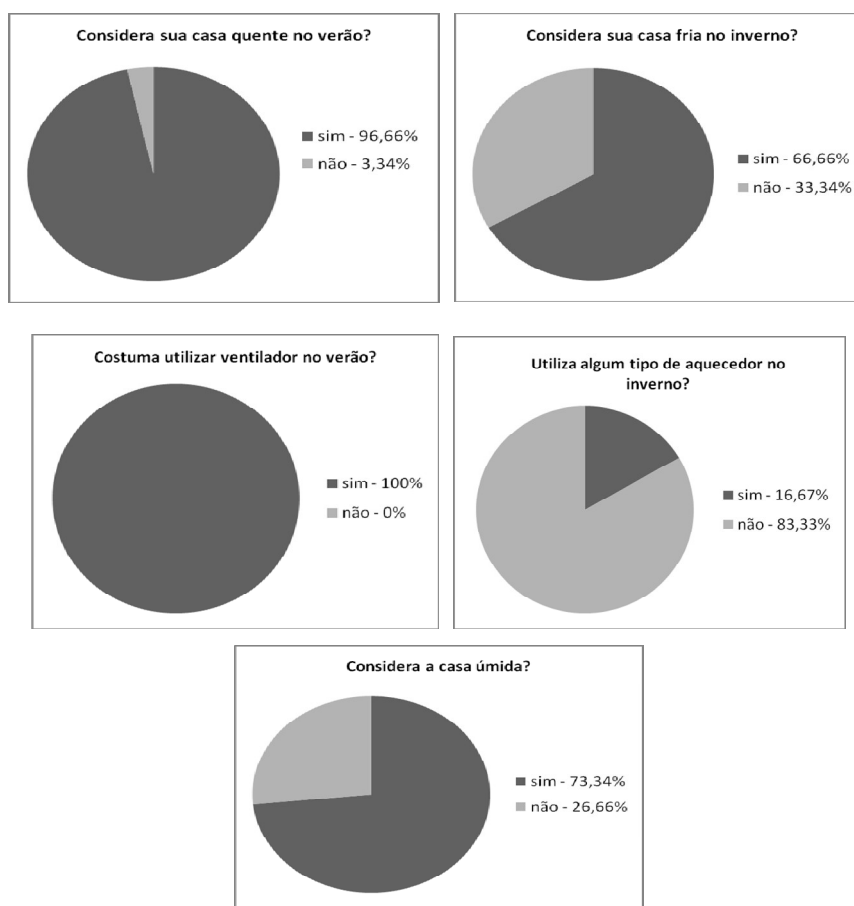


Figura 1. Resultados mais significativos obtidos através dos questionários

Em relação à análise da conformidade ou não com as recomendações da norma brasileira, foram obtidos os resultados mostrados na tabela 3.

Para a habitação de dois dormitórios e pintura externa na cor branca observou-se, através dos cálculos, que a Transmitância Térmica para o fechamento vertical da habitação ficou acima do valor máximo recomendado pela NBR 15.220. O Atraso Térmico ficou abaixo do valor máximo recomendado pela norma, mostrando-se adequado segundo este critério. O Fator de Calor Solar ficou acima do valor máximo estipulado pela norma para paredes de habitações de um e três dormitórios. Na cobertura para situação de verão a Transmitância Térmica e o Atraso Térmico ultrapassaram o valor estipulado pela Norma.

Na cobertura para situação de inverno a Transmitância continua acima do valor recomendado pela norma, mas o Atraso Térmico possui um valor admissível. Neste caso, o Fator de Calor Solar atingiu níveis superiores ao recomendado.

Para as habitações de um e três dormitórios e pintura externa na cor amarela observou-se que, para os fechamentos laterais, a Transmitância Térmica e o Fator de Calor Solar ficaram acima do valor recomendado pela NBR 15.220 para condições de conforto térmico. Pode-se perceber que o Fator de Calor

Solar é maior para a pintura externa amarela quando relacionada à pintura externa branca. Para melhorar o desempenho quanto ao Fator de Calor Solar a edificação poderia ser pintada de branco.

Tabela 3. Resultados obtidos para as três habitações para paredes e coberturas

Casa 2			
Paredes	NBR 15.220	RESULTADOS OBTIDOS	
Transmitância Térmica (U)	= 3,0 W/m ² .K	4,24 W/m ² .K	
Atraso Térmico (f)	= 4,3 horas	2,4 horas	
Fator Solar (FCS)	= 5,0 %	3,4 %	
Cobertura		Verão	Inverno
Transmitância Térmica (U)	= 2,0 W/m ² .K	2,2 W/m ² .K	2,6 W/m ² .K
Atraso Térmico (f)	= 3,3 horas	3,4 horas	2,87 horas
Fator Solar (FCS)	= 6,5 %	5,72 %	6,76 %
Casas 1 e 3			
	NBR 15.220	RESULTADOS OBTIDOS	
Transmitância Térmica (U)	= 3,0 W/m ² .K	4,24 W/m ² .K	
Atraso Térmico (f)	= 4,3 horas	2,4 horas	
Fator Solar (FCS)	= 5,0 %	5,1%	
Cobertura		Verão	Inverno
Transmitância Térmica (U)	= 2,0 W/m ² .K	2,2 W/m ² .K	2,6 W/m ² .K
Atraso Térmico (f)	= 3,3 horas	3,4 horas	2,87 horas
Fator Solar (FCS)	= 6,5 %	5,72 %	6,76 %

Tanto para a cobertura na situação de verão quanto para situação de inverno, os resultados obtidos foram os mesmos da edificação de dois dormitórios, pois, como essas habitações foram construídas em regime de Companhia de Habitação (COHAB), elas possuem os mesmos materiais nos fechamentos superiores.

As figuras 2, 3 e 4 ilustram os resultados das medições atingidos para as três edificações submetidas a medições.

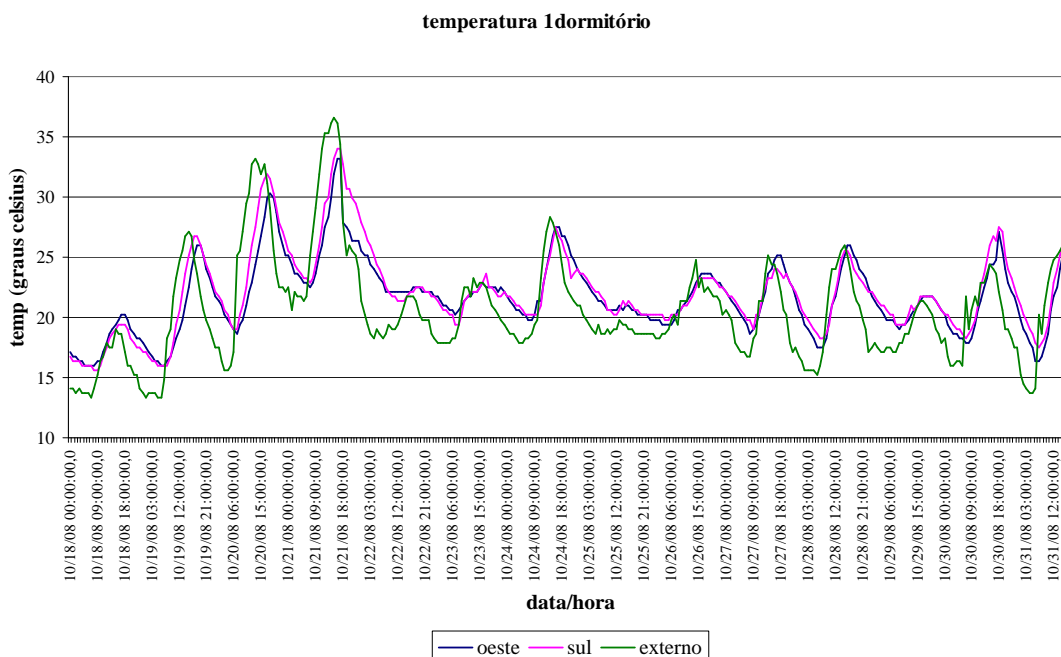


Figura 2. Resultados obtidos com as medições *in loco* para sensores localizados na parede oeste (sala) e parede sul (banheiro) da habitação de um dormitório

Ao analisar os gráficos, pode-se perceber que a temperatura interna da habitação ultrapassa os valores estabelecidos para países em desenvolvimento (GIVONI, 1992) (entre 18°C e 29°C), tanto para a temperatura mais alta, como para a mais baixa. Observa-se também que, durante a noite, a temperatura

interna da edificação é maior que a temperatura externa, tanto para a fachada voltada para oeste como a voltada para o sul. Isto pode estar ligado ao fato das edificações estarem em uso, com equipamentos internos produzindo calor, melhorando as condições internas para situação de frio. Durante o dia a temperatura aproxima-se das máximas registradas externamente, muitas vezes superando estas, o que pode ser desfavorável em uma situação de calor (meses de janeiro a março).

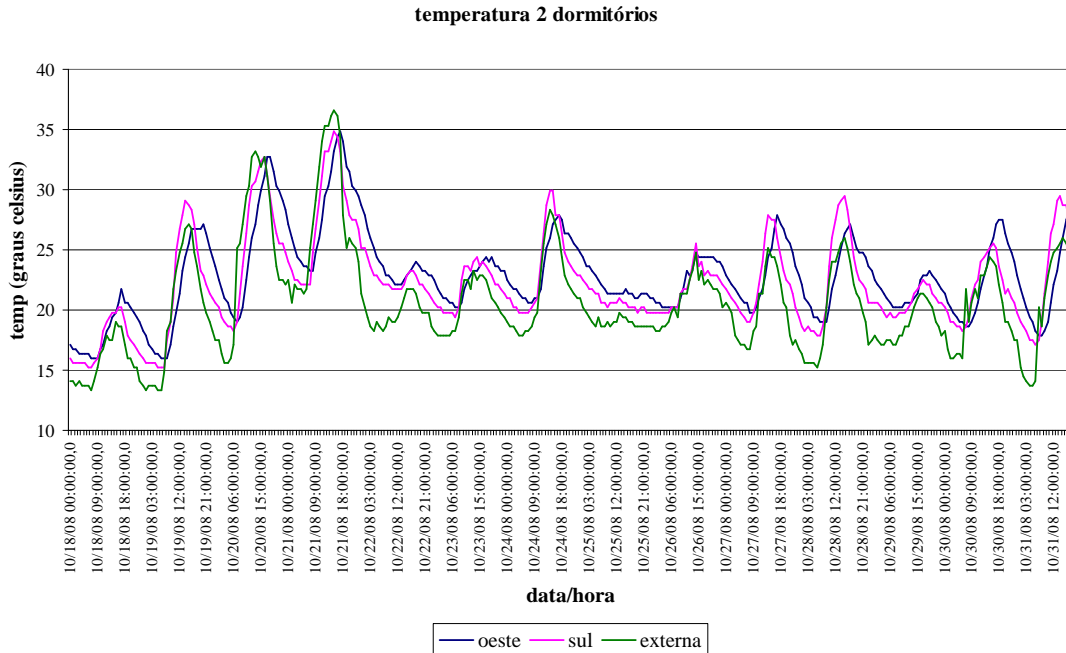


Figura 3. Resultados obtidos com as medições *in loco* para sensores localizados na parede oeste (sala), parede sul (banheiro) e medição externa para a habitação de dois dormitórios

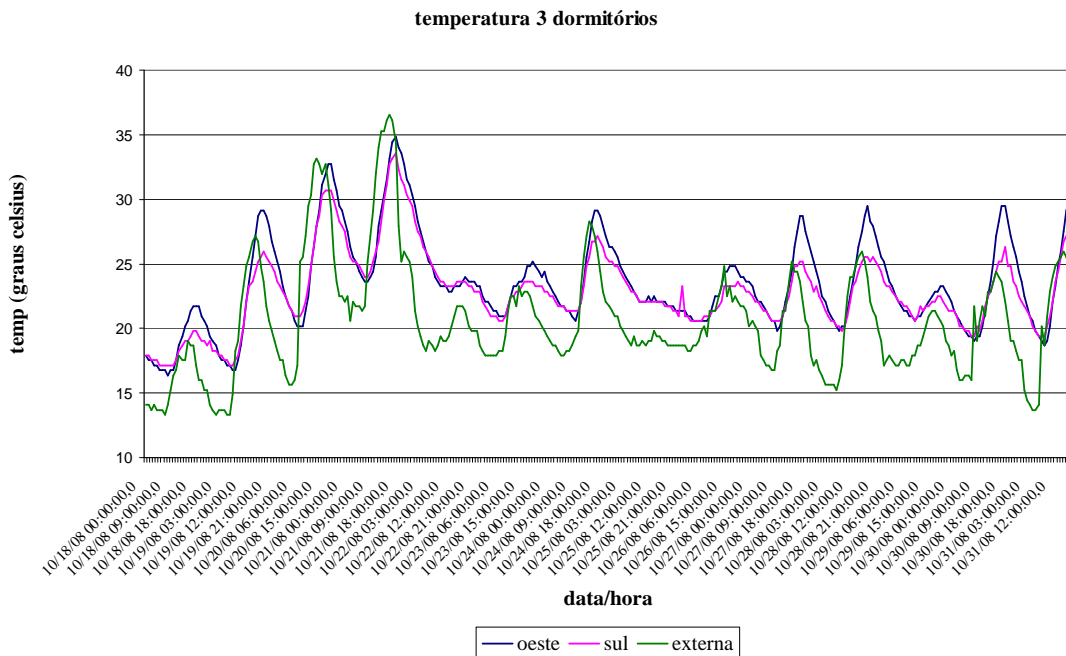


Figura 4. Resultados obtidos com as medições *in loco* para sensores localizados na parede oeste (sala) e parede sul (banheiro) para a habitação de três dormitórios

A tabela 4 apresenta o número de horas e a percentagem de conforto e desconforto, apresenta também as horas e percentagens (sobre as horas de desconforto) por frio e por calor para cada uma das habitações considerando o período de catorze dias em que foram feitas as medições (331 horas).

Tabela 4. Horas e percentagens de conforto e desconforto para o período das medições

Habitações		Conforto		Desconforto			
		horas	%	Por frio		Por calor	
				horas	%	horas	%
Casa 1	oeste	289	87,3	42 horas – 12,7%			
				35	83,3	7	16,7
	sul	283	85,5	48 horas – 14,5%			
Casa 2	oeste	288	87,0	43 horas – 13,0 %			
				23	53,5	20	46,5
	sul	276	83,4	55 horas – 16,6%			
Casa 3	oeste	285	86,1	46 horas – 13,9%			
				20	43,5	26	56,5
	sul	294	88,8	37 horas – 11,2%			
				20	54,1	17	45,9

Os resultados apresentados na tabela 4 demonstram que a percentagem de horas de conforto, para o período medido, são próximas para as três habitações e que o número de horas de desconforto por frio é, em geral, maior que o número de horas de desconforto por calor. O número de horas de desconforto por frio e calor externamente foi de 88 e 18 horas respectivamente (26,6% e 5,4%), com 225 horas de conforto (68,0%). O período de medições caracteriza-se por temperaturas relativamente amenas, com temperaturas mínimas nunca inferiores a 10°C e com apenas dois dias de temperaturas máximas superiores a 29°C. Embora as percentagens de conforto atingidas pelas três habitações sejam bem maiores que a percentagem de conforto do meio externo, as mesmas apresentam um amortecimento pequeno das amplitudes de temperatura externas, o que indica sua baixa inércia térmica. Em relação à orientação solar dos cômodos, os voltados a oeste apresentam maior percentagem de conforto em relação aos voltados a sul, com exceção da *casa 3*. Mas as percentagens apresentam pequena diferença, o que pode estar relacionado ao tamanho das habitações.

Em relação às diferenças de temperaturas observadas para os sensores localizados a oeste e a sul, para a *casa 1*, houve uma diferença máxima de 4,9°C entre a temperatura do sensor localizado a sul e o localizado a oeste, com 35 horas de registro de temperaturas maiores em 1,5°C ou mais para o sensor a oeste do que a sul e 2 horas com temperatura menor em 1,5°C ou mais do que a sul. Para a *casa 2*, em 123 horas a temperatura registrada a oeste era 1,5°C ou mais maior do que a temperatura registrada a sul e com 56 horas com temperatura menor do que 1,5°C ou mais do que a sul. Ou seja, em 179 horas registrou-se diferenças iguais ou superiores a 1,5°C entre os sensores localizados a oeste e sul. A maior diferença registrada foi de 5,9°C. Para a *casa 3*, em 67 horas a temperatura do cômodo a oeste era maior em 1,5°C ou mais do que o cômodo a sul, sendo a máxima diferença registrada igual a 4,3°C. O número de horas com diferenças iguais ou superiores a 1,5°C é bem menor para a *casa 1* do que para as demais habitações.

Em relação ao desconforto por frio e calor, para o período de medições, o desconforto por frio apresentou maior percentagem do que o por calor (com exceção da *casa 3*). A tabela 5 apresenta os graus-hora e graus-médios atingidos externamente e internamente para temperaturas a oeste e sul.

Tabela 5. Graus-hora e graus-médios externos e internos, oeste e sul para as três habitações

Habitações		Frio		Calor	
		Graus-hora (°C)	Graus-médios (°C/h)	Graus-hora (°C)	Graus-médios (°C/h)
Casa 1	Oeste	39,2	1,1	8,3	1,2
	Sul	39,7	1,3	38,3	2,1
Casa 2	Oeste	30,4	1,3	48,3	2,4
	Sul	52,2	1,7	50,8	2,1
Casa 3	Oeste	16,8	0,8	58,7	2,3
	Sul	10,7	0,5	33,7	2,0

A análise dos graus-hora e graus-médios demonstram que esta variável é maior para a situação de calor em quase todas as situações. Para a *casa 3*, parede oeste, os graus-hora são maiores para o frio, mas os graus-médio são sempre maiores para a condição de calor.

Os resultados obtidos com este projeto vão ao encontro da percepção obtida junto aos órgãos públicos do município de Santa Maria, demonstrando que a COHAB Passo da Ferreira – popularmente conhecida como Tancredo Neves – não apresenta desempenho térmico satisfatório, segundo os três métodos considerados na análise.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os três diferentes métodos corroboraram a mau desempenho verificado pelos órgãos públicos podendo esta solução ser definida como não desejável na construção de um conjunto de padrões de desempenho para a região de Santa Maria.

Para a edificação de um dormitório os registros dos sensores a oeste e a sul durante os catorze dias apontam um menor número de horas com diferenças iguais ou superiores a 1,5°C para a *casa 1* do que para as outras habitações, indicando que, para pequenas habitações, a orientação solar dos cômodos pode não ser relevante para o conforto térmico. No entanto, esta hipótese deve ser confirmada em estudos mais amplos.

Segundo a percepção dos moradores, o desconforto por calor (97%) parece ser mais importante do que o desconforto por frio (67%). Este resultado indica a importância da inserção de estratégias bioclimáticas para amenização das condições desfavoráveis no calor tais como ventilação cruzada, coberturas com amplos beirais para sombreamento de paredes, cor de fechamentos, entre outros. A análise das medições também apontam um maior desconforto por calor do que por frio principalmente para a variável graus-médios. São necessárias medições complementares em períodos caracterizados como frio e como calor, uma vez que os resultados aqui apresentados correspondem a um período de temperaturas relativamente amenas para confirmar as conclusões apresentadas.

Em continuação a esta pesquisa, pretende-se ampliar o período de medições *in loco*, o número de edificações submetidas à análise pelos três métodos, bem como ampliar as simulações através da consideração de outros parâmetros térmicos que considerem o comportamento da edificação como um todo, não apenas de suas partes isoladas (paredes e coberturas).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 15220-1/2/3. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005
- BARBOSA, Miriam Jerônimo. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. 1997. Tese de Doutorado. UFSC. Florianópolis
- BECKER, Maria de Fátima Monteiro. Análise do desempenho térmico de uma habitação unifamiliar térrea. 1992. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre
- FORTES, Amyr Borges. Geografia física do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Globo, 1959.
- GIVONI, Baruch. Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings* 18 (1992) 11-23
- GRIGOLETTI, G. Método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para Porto Alegre – RS. 2007. Tese de Doutorado. UFRGS. Porto Alegre
- GRIGOLETTI, G.; SATTLER, M. A.; MORELLO, A. Analysis of thermal behaviour of a low cost, single-family, more sustainable house in Porto Alegre, Brazil. *Energy and Buildings* 40 (2008) 1961-1971
- GRIGOLETTI, G.; SATTLER, M. Thermal performance evaluation method for low cost single-family one-floor housing for Porto Alegre – Brazil. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*. 25., 2008, Dublin
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. <<http://www.inmet.gov.br>>. 2007
- KRÜGER, Eduardo; LAMBERTS, Roberto. Avaliação do desempenho térmico de habitações populares. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 8. 2000. Salvador.
- MORELLO, A., GRIGOLETTI, G., SATTLER, M. A. Analysis of thermal behaviour of a low cost, single-family, housing prototype considering specific climatic conditions. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 23., 2006, Genève
- SATTLER, Miguel Aloysio. et al. Environmental comfort perception in the Alvorada sustainable low cost house. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*. 20. 2003a. Chile.
- TURIK, N. Estabelecimento de exigências de desempenho higrotérmico da envolvente de habitações populares térreas: estudo aplicado à casa COHAB Tipo RS 16_I3-42. 1988. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre.

7. AGRADECIMENTOS

Ao suporte prestado pelo Fundo de Incentivo à Pesquisa da UFSM (FIPE) através de bolsa de pesquisa para acadêmico de graduação e ao Prof. Joaquim Pizzutti dos Santos (Departamento de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da UFSM) que disponibilizou os aparelhos para as medições.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.