



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL UNIFAMILIARES EM SANTA MARIA – RS

Giane de C. Grigoletti (1); Renata Rotta (2); Sâmila Müller (3)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil – e-mail: grigoletti@smail.ufsm.br

(2) Curso Técnico em Edificações – Instituto Federal Farroupilha, Brasil – e-mail: arqrotta@gmail.com

(3) Curso de Arquitetura e Urbanismo – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil – e-mail: samila.muller@yahoo.com.br

RESUMO

A partir de 2008, medições *in loco* em habitações de interesse social em Santa Maria foram encaminhadas com a intenção de verificar o desempenho térmico e propor padrões adequados a realidade local para este tipo de edificação, levando-se em conta a má qualidade constatada para as mesmas em nível nacional. Este artigo apresenta os resultados correspondentes a uma etapa da pesquisa onde foram avaliadas quatro habitações típicas construídas no município. Duas encontram-se em um conjunto habitacional considerado, pelo poder público local, boa solução, de acordo com sua experiência. As duas outras demonstraram, ao longo de seu uso, problemas de conforto térmico apontados pelos moradores. As quatro habitações selecionadas diferem no sistema construtivo (tijolo e bloco de concreto) e na orientação solar dos cômodos (a sudoeste e nordeste em um dos conjuntos e a norte e sul no outro). O objetivo é verificar o desempenho térmico de duas tipologias (um e dois dormitórios) adotadas pelo poder público local no que diz respeito ao sistema construtivo e à orientação solar. As medições foram obtidas com registradores contínuos de temperatura e umidade do ar (HOB0® da Onset) localizados a 1,90m do piso e fixados em dois cômodos de permanência (dormitório e sala). As medições iniciaram-se no mês de janeiro (31/01/2010) e estenderam-se até o mês de abril (08/04/2010). As habitações estão em uso e um questionário foi aplicado para levantar costumes das famílias ocupantes. Além disso, foi verificada a conformidade dos parâmetros térmicos de paredes e coberturas com recomendações da NBR15.220 (ABNT, 2005). Até o momento, pode-se verificar que a tipologia considerada boa solução apresenta um desempenho medido similar à solução desaconselhada, para condições de verão e grandes amplitudes térmicas (acima de 10°C). Quanto à orientação solar, os resultados confirmam a importância do aquecimento solar passivo para condições de frio (melhor desempenho das edificações com orientação nordeste e norte). Entre os sistemas construtivos, pouca diferença se observou no comportamento das edificações para o amortecimento térmico, com exceção da residência com cobertura em telhas cerâmicas.

Palavras-chave: desempenho térmico, habitação de interesse social, medições *in loco*.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, habitação de interesse social (HIS) tem historicamente apresentado problemas de conforto térmico levando à climatização artificial, muitas vezes incompatível com a faixa de renda dos moradores. Por este motivo, este tipo de edificação tem sido objeto de avaliações constantes. Entre os diversos estudos, destacam-se aqueles que envolvem medições *in loco*, importantes para validar modelos físicos usados em simulações, além de permitirem a avaliação de edificações reais cuja modelagem pode exigir simplificações que comprometeriam sua acuracidade. Considerando-se essa abordagem, estudos específicos para o clima do Rio Grande do Sul e habitações unifamiliares foram realizados por Becker (1992), Morello (2005) e Grigoletti et al. (2009), entre outros.

Becker (1992) submeteu um protótipo de HIS a medições *in loco* para um conjunto de dezesseis dias não corridos. Foram medidas a temperatura do ar interno, em quatro pontos, temperatura do ar externo, temperatura superficial interna, em onze pontos (incluindo a cobertura) e a temperatura de globo, em quatro pontos. As medições foram tomadas a 1,5m do piso e no centro geométrico dos cômodos. A autora concluiu, através de seu trabalho, que o protótipo apresentava um bom desempenho térmico nas condições abrangidas pelas medições (início do outono), que as temperaturas do ar interno da edificação sempre eram superiores a temperatura do ar externo, temperaturas do ar interno não variaram de forma significativa para os três cômodos onde foram feitas medições, sendo que as maiores temperaturas foram verificadas para cômodos voltados a Nordeste. Os resultados indicam que, para pequenas edificações, a orientação dos cômodos parece ser indiferente do ponto de vista térmico. No entanto, os resultados atingidos foram influenciados pelo fato da edificação estar lacrada, não representando a condição real de uso.

Morello (2005) também submeteu um protótipo de HIS unifamiliar a medições durante um ano, perfazendo um total de 8.784 horas de medições, para temperatura do ar interno e umidade relativa do ar. As medições foram tomadas a 1,10m do piso. A edificação também estava desabitada. O autor concluiu que o protótipo apresentava um bom desempenho térmico, sendo que em aproximadamente 67% das horas as temperaturas estavam entre os intervalos de 18 a 29°C (zona de conforto conforme Givoni, 1992). Como foram feitas medições em apenas um ponto (sala/cozinha) não é possível verificar a variação das temperaturas internas por cômodo. Mas, como a edificação contempla a estratégia de aquecimento solar passivo, esta pode ter colaborado pelo bom desempenho térmico da mesma como um todo.

Grigoletti et al. (2009) submeteram a medições *in loco* três tipologias diferentes de HIS unifamiliar (um, dois e três dormitórios) durante 14 dias no mês de outubro (primavera), medindo temperatura do ar interno e externo. Os sensores (HOBO® da ONSET) foram situados a 2m do piso em paredes voltadas a Oeste e a Sul. Os resultados apontaram que, para pequenas habitações, a orientação solar dos cômodos não interferiu de forma significativa nas temperaturas internas. A temperatura interna ultrapassou o limite inferior e superior da zona de conforto (GIVONI, 1992), indicando o mau desempenho térmico da edificação para o período das medições.

Este artigo apresenta os resultados obtidos na avaliação de desempenho térmico de quatro habitações unifamiliares de interesse social construídas em Santa Maria, no RS. Duas habitações (A e B) possuem um dormitório, sendo construídas com blocos cerâmicos. Outras duas (C e D), possuem dois dormitórios e são construídas com blocos de concreto. As orientações solares são variáveis (vide tabela 1). As mesmas foram apontadas pelo órgão público responsável por este tipo de empreendimento no município como solução recomendada (A e B) e não recomendada (C e D) devido a problemas de conforto térmico informalmente apontados por seus moradores.

Santa Maria é uma cidade com cerca de 260 mil habitantes situada no interior do Rio Grande do Sul em uma região 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 frequentes (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). A cidade está situada na Zona Bioclimática 2, conforme classificação da NBR 15.220 (ABNT, 2005). Para esta zona, são aconselhadas as estratégias ventilação cruzada, aquecimento solar passivo, paredes e coberturas leves.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa como um todo é definir padrões de desempenho térmico compatíveis com a prática local (município de Santa Maria). O objetivo da etapa objeto deste artigo é verificar o desempenho térmico de duas tipologias (um e dois dormitórios) adotadas pelo poder público local no que diz respeito ao sistema construtivo e a orientação solar frente a condições de verão.

3 METODOLOGIA

As habitações a serem submetidas à avaliação foram escolhidas a partir da percepção do poder público local como boa e má referência construtiva do ponto de vista térmico (baseados em reclamações dos usuários). Foram selecionadas duas habitações de um dormitório com orientações solares nordeste e sudoeste (dormitório e sala), conforme indicado na tabela 1, construídas com parede externa de tijolo 6 furos na cor branca e cobertura com telha de fibrocimento e telha cerâmica. Também foram selecionadas duas habitações de dois dormitórios com orientações solares norte e sul (dormitório e sala), conforme tabela 1, construídas com parede externa composta por blocos de concreto na cor branca e cobertura com telha de fibrocimento. As habitações escolhidas mantêm sua característica original (sem ampliações) e pertencem a pessoas que concordaram em ter os equipamentos instalados em seu interior. Foram selecionados três métodos diferentes para avaliação: aplicação de questionário junto aos moradores, verificação da conformidade com recomendações de desempenho térmico definidas pela ABNT (2005) através da norma NBR 15.220 e medições *in loco* de temperatura do ar interno e externo.

3.1 Opinião dos usuários

Para levantar a opinião dos usuários foi aplicado um questionário de perguntas abertas e fechadas com o objetivo de 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 sete moradores das tipologias A e B e trinta moradores de das tipologias C e D. As questões dizem 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.

3.2 Conformidade com recomendações da NBR 15.220-3

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), constantes na NBR 15.220, Parte 3. Para a obtenção dos parâmetros térmicos transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar foi utilizado o programa *Transmitância* desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina.

3.3 Medições in loco

Para as medições *in loco* foram utilizados aparelhos registradores contínuos de temperatura (*dataloggers*) HOBO® da Onset. Os aparelhos foram situados a 1,90m do piso em dormitórios e salas (cômodos de permanência) em cômodos voltados a Sudoeste, Nordeste, Norte e Sul (orientação das janelas dos cômodos). Os aparelhos estavam contidos em caixas de superfície metalizada (para evitar a influência da trocas de calor por radiação) com orifícios que permitiam ampla ventilação e foram fixados nas paredes ou apoiados sobre móveis, sempre situados a 1,90m do piso para evitar que os usuários mexessem nos mesmos. Também foram instalados sensores externos sob os beirais das quatro habitações, indicados, na tabela 1, por um círculo e um traço com o objetivo de medir a temperatura externa do ar. Neste artigo, são apresentadas, para cada habitação, dados de temperatura interna e


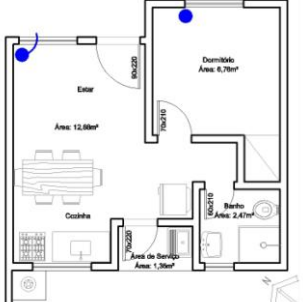
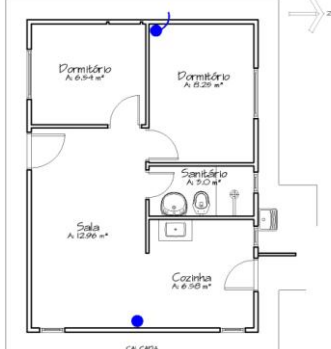

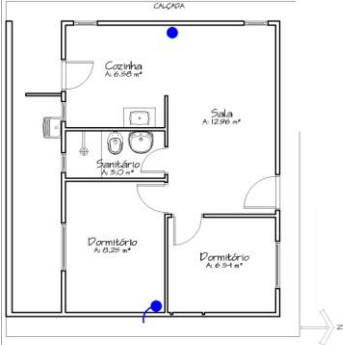
externa para duas quinzenas onde a variação da temperatura externa foi aproximadamente uniforme (sem mudanças bruscas de temperatura). As análises são feitas considerando-se o amortecimento térmico e pelas percentagens de horas de desconforto por calor e frio atingido por cada habitação.

4 RESULTADOS

4.1 Descrição das habitações e posição de sensores

As quatro habitações analisadas localizam-se em uma zona urbana de baixa densidade. O bairro formado por edificações isoladas ou parcialmente isoladas no lote, de um só pavimento. A tabela 1 apresenta o sistema de vedações das duas tipologias analisadas, sua planta baixa, com a localização dos sensores, e fotografias ilustrativas.

Tabela 1. Descrição das habitações analisadas

| Casa | Planta baixa | Materiais |
|--|--|--|
| <p>A - 1 dormitório</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> - Parede de tijolos de 6 furos na cor branca (30cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados - Cobertura de telha de fibrocimento 6mm - Laje de concreto 8cm |
| <p>B - 1 dormitório</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> - Parede de tijolos de 6 furos na cor branca (30cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados - Cobertura de telha cerâmica - Laje de concreto 8cm |
| <p>C - 2 dormitórios</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> - Parede de blocos de concreto na cor branca (10cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados - Cobertura de telha de fibrocimento 6mm - Forro de madeira leve |
| <p>D - 2 dormitórios</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> - Parede de blocos de concreto na cor salmão (10cm) com argamassa de revestimento em ambos os lados - Cobertura de telha de fibrocimento 6mm - Forro de madeira leve |

4.2 Opinião dos usuários

A tabela 2 apresenta os principais resultados alcançados através da aplicação dos questionários. Verifica-se, para ambas tipologias, uma insatisfação tanto para a situação de verão quanto para a situação de inverno, com percentagens mínimas próximas a 70%. As habitações A e B apresentaram uma insatisfação maior para o inverno do que para o verão. As habitações C e D apresentaram uma insatisfação maior para a situação de verão do que a de inverno. Em relação à sensação de umidade, a tipologia em blocos de concreto apresentou uma insatisfação bem maior do que a tipologia com tijolos cerâmicos. As percentagens alcançadas com o uso de aquecedores reforçam a insatisfação dos moradores da tipologia representada por A e B para a situação de inverno.

Tabela 2. Descrição das habitações analisadas

| Questões | A e B (resposta afirmativa) | C e D (resposta afirmativa) |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Considera sua casa quente no verão? | 71% | 97% |
| Considera sua casa fria no inverno? | 86% | 67% |
| Considera a casa úmida? | 43% | 73% |
| Costuma usar ventilador no verão? | 100% | 100% |
| Costuma usar aquecedor no inverno? | 29% | 17% |
| Permanece alguém em casa durante o dia? | Sim/sim | Sim/não |

4.3 Conformidade com recomendações da NBR 15.220-3

As propriedades térmicas das paredes das tipologias analisadas são apresentadas na tabela 3 que segue, com seu comparativo com as recomendações da NBR 15.220-3. A transmitância térmica é satisfeita para as habitações A e B (paredes de tijolos cerâmicos) e não é para C e D (blocos de concreto). O atraso térmico e o fator solar são satisfeitos por todas as habitações, com exceção de D (parede externa na cor salmão), para o fator solar.

Tabela 3. Propriedades térmicas das paredes e recomendações da NBR 15.220-3

| Propriedades térmicas paredes | NBR 15.220 | A | B | C | D |
|------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| Transmitância térmica (W/m^2K) | $\leq 3,0$ | 2,81 | 2,81 | 4,24 | 4,24 |
| Atraso térmico (h) | $\leq 4,3$ | 3,4 | 3,4 | 2,4 | 2,4 |
| Fator Solar (%) | $\leq 5,0$ | 2,20 | 2,20 | 3,40 | 5,10 |

A tabela 4 apresenta as propriedades térmicas para a cobertura, para a situação de verão e inverno, com seu comparativo com a NBR 15.220-3. A transmitância térmica da cobertura não é satisfeita para nenhuma das habitações tanto para a situação de inverno quanto para a situação de verão. O atraso térmico não é satisfeito por C e D. O fator solar não é satisfeito por nenhuma das habitações para a situação de inverno.

Tabela 4. Propriedades térmicas das coberturas e seu comparativo com recomendações da NBR 15.220-3

| Propriedades térmicas coberturas | NBR 15.220 | A | B | C | D |
|------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| Verão | | | | | |
| Transmitância térmica (W/m^2K) | $\leq 2,0$ | 2,17 | 2,00 | 2,20 | 2,20 |
| Atraso térmico (h) | $\leq 3,3$ | 3,5 | 3,5 | 3,4 | 3,4 |
| Fator Solar (%) | $\leq 6,5$ | 5,64 | 5,64 | 5,72 | 5,72 |

4.4 Medições in loco

O total de horas de medições foi de 1.657 horas entre os dias 30 de janeiro e 8 de abril de 2010. As figuras 1, 2, 3 e 4 são gráficos que ilustram a variação das temperaturas internas dos cômodos das quatro habitações submetidas a medições. Os moradores permanecem em casa durante o dia, com exceção da habitação D.

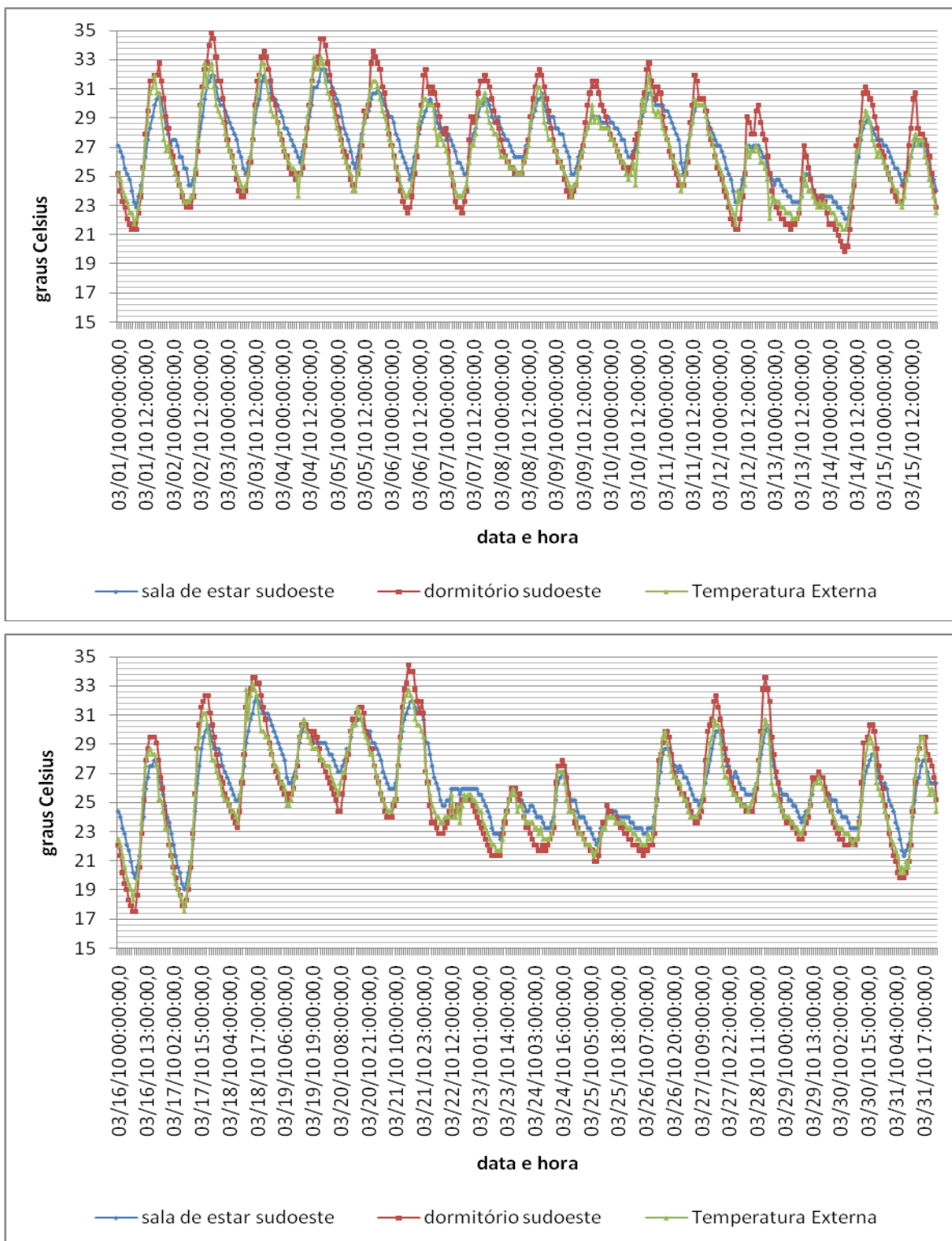


Figura 1 – Variação da temperatura interna para o estar e o dormitório voltados a Nordeste da habitação A e a temperatura externa para o mês de março

Para a habitação A, o dormitório voltado a Sudoeste apresenta temperaturas superiores às máximas registradas externamente e inferiores às mínimas registradas. Existe pouca diferença entre as temperaturas internas e a externa, indicando a baixa capacidade de amortecimento da edificação ou a manutenção da casa aberta por parte dos moradores.

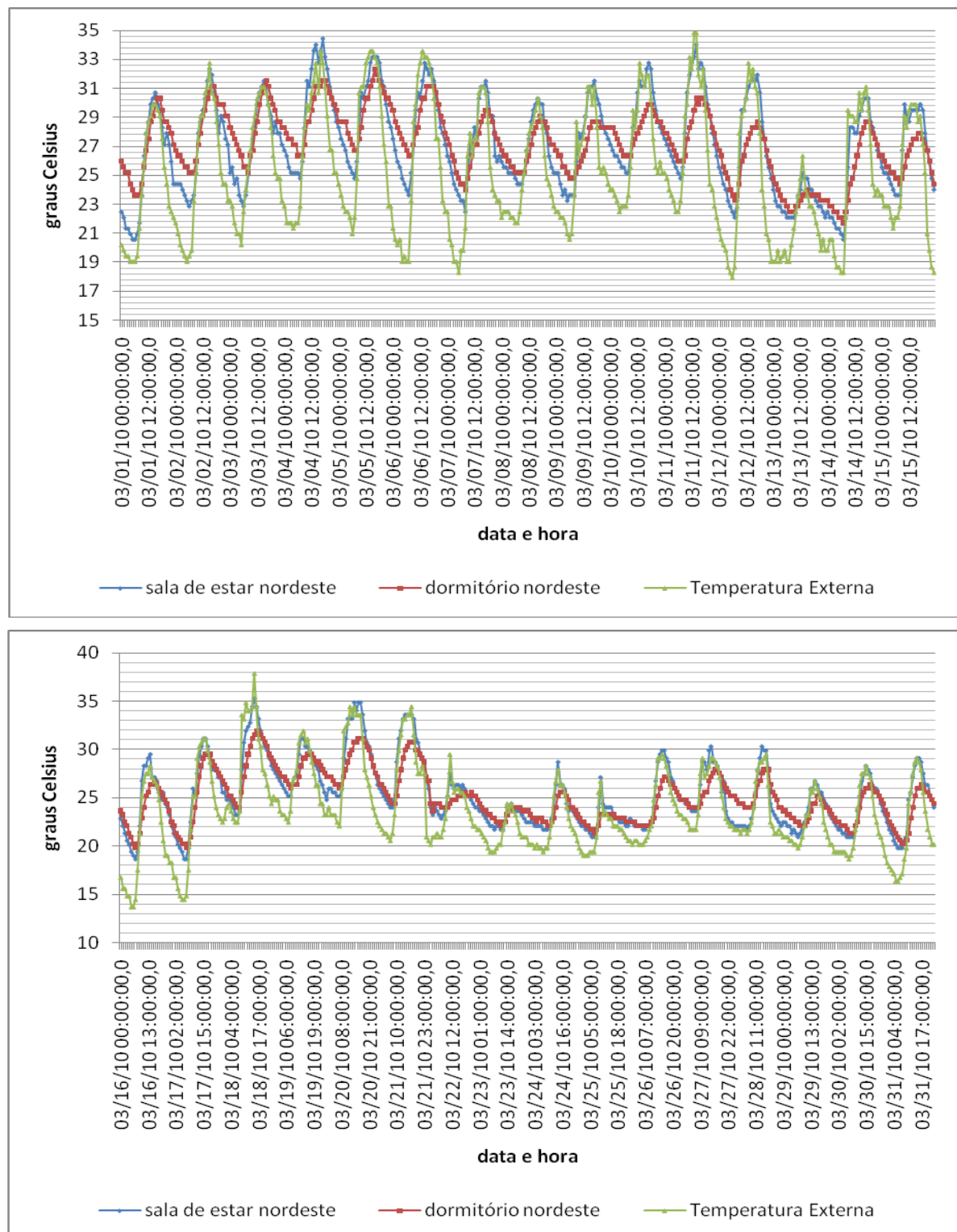


Figura 2 – Variação da temperatura interna para a sala de estar e o dormitório voltados a Sudoeste da habitação B e a temperatura externa para o mês de março

Para B, com orientação nordeste dos cômodos, as temperaturas internas estão acima das mínimas registradas, mas próximas das máximas registradas no meio exterior. Isto provavelmente se deve ao aquecimento solar da edificação durante o dia, devido à orientação dos cômodos, provocando um amortecimento maior para as baixas temperaturas do que para as altas, além da mesma possuir uma cobertura em telhas cerâmicas (menor transmitância térmica). No entanto, para ambas as habitações são verificadas temperaturas acima do limite superior da zona de conforto de 29°C (GIVONI, 1992),

em alguns dias, as temperaturas internas estão acima de 35°C. Para B, a sala de estar tem temperaturas internas mais próximas das temperaturas externas do que o dormitório, ambos voltados a Nordeste.

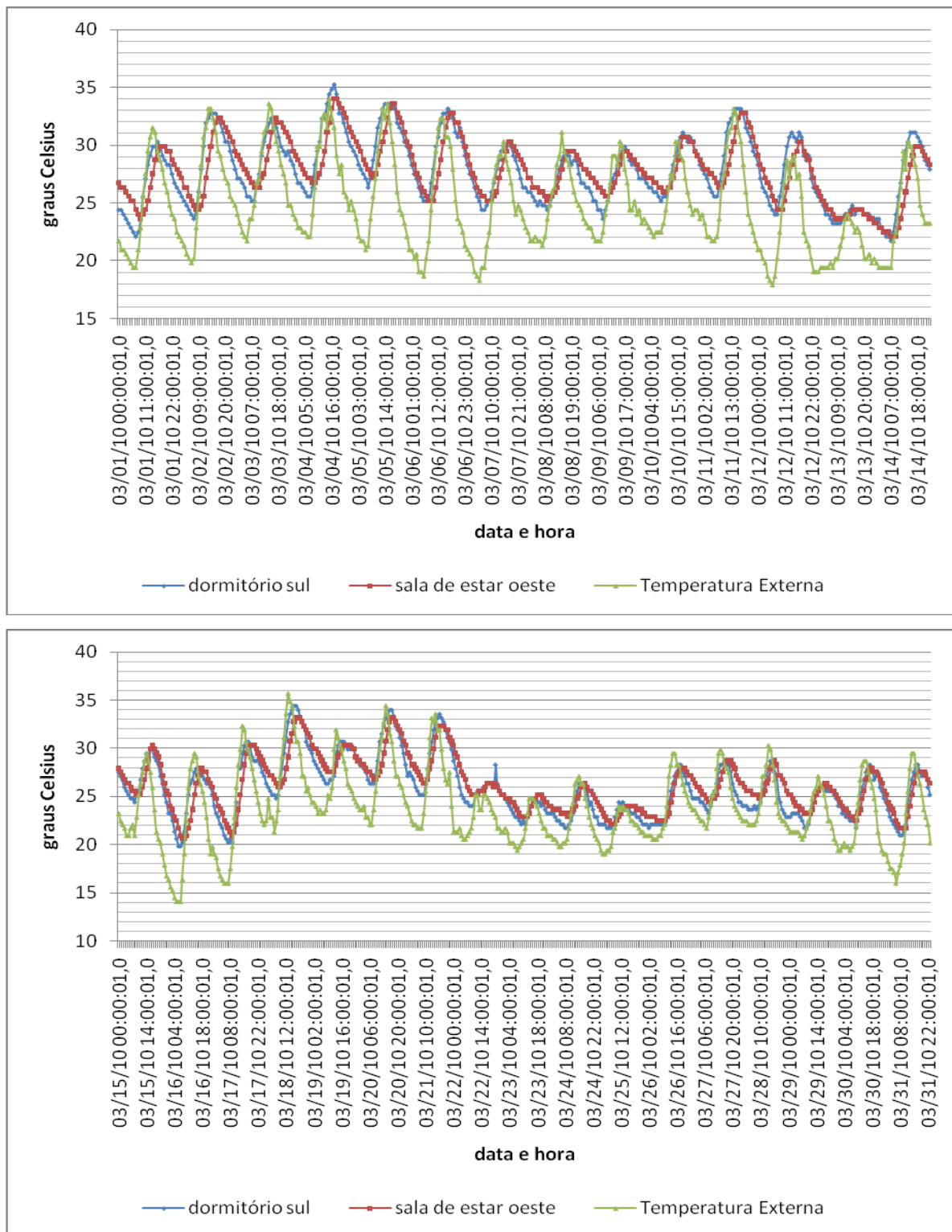


Figura 3 – Variação da temperatura interna para o estar voltado a Leste e o dormitório voltado a Norte da habitação C e a temperatura externa para o mês de março

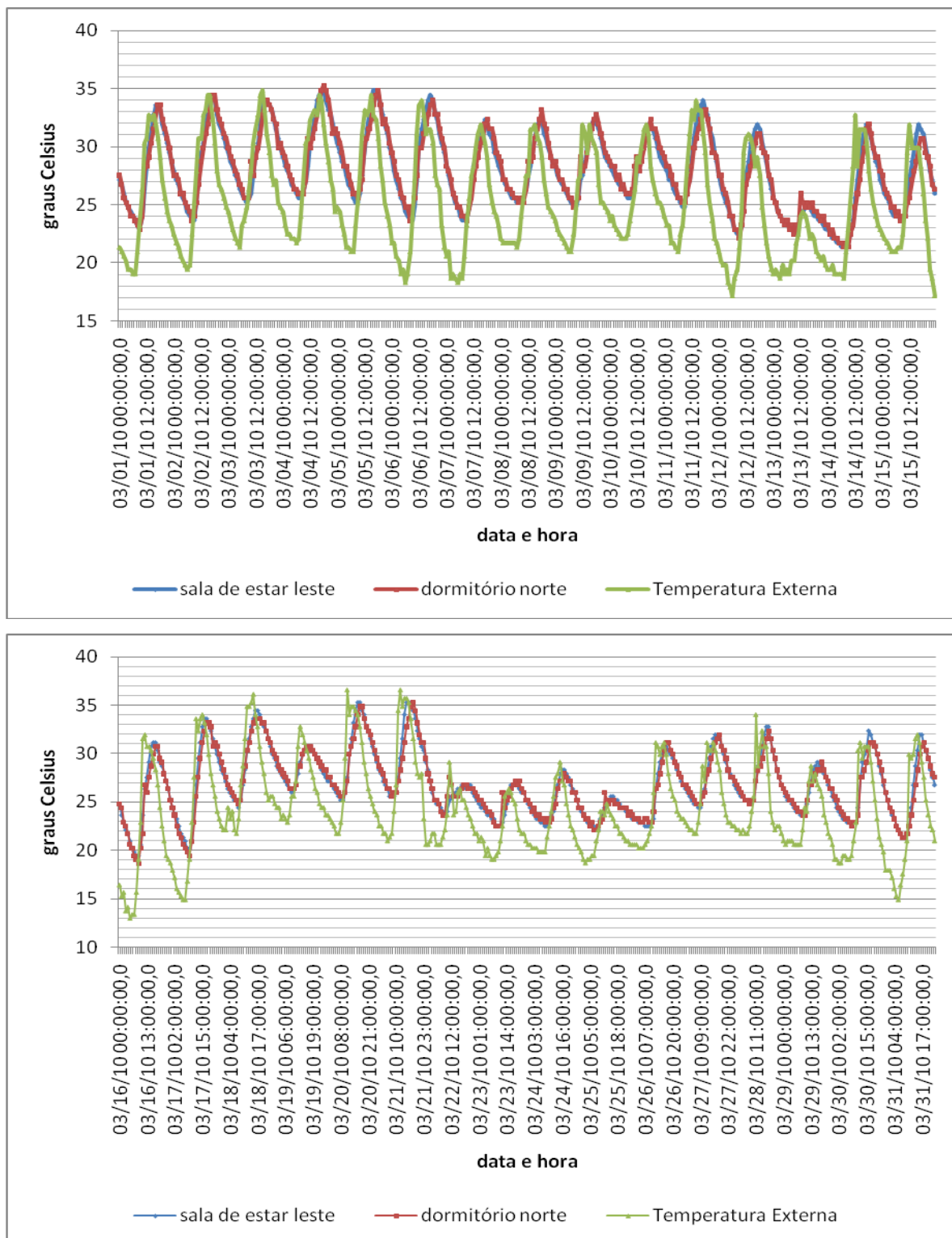


Figura 4 – Variação da temperatura interna para o estar voltado a Oeste e o dormitório voltado a Sul da habitação D e a temperatura externa para o mês de março

Para as habitações C e D, as temperaturas internas se aproximam das máximas externas e se afastam das mínimas, sendo, em alguns horários, superior a temperatura externa para condições de calor (temperaturas externas acima de 29°C). Também para estas duas habitações, as temperaturas internas estão, em boa parte dos horários, acima do limite superior de conforto proposto por Givoni (1992).

Para D, o cômodo a Oeste apresenta mínimas mais elevadas do que o cômodo voltado a Sul. Para C, não há diferença significativa entre as temperaturas dos cômodos a Norte e a Leste.

A tabela 5 apresenta a percentagem média de horas de desconforto por frio e por calor atingido em cada habitação para o período de medições (1.657 horas entre 30 de janeiro a 8 de abril de 2010). A habitação B apresentou menor percentagem de horas de desconforto por calor, tendo uma orientação solar mais favorável (nordeste), telhas de cerâmica e laje de concreto. C e D apresentaram os percentuais mais elevados corroborando a opinião dos agentes públicos. A habitação C, com orientação norte, apresenta menor percentagem de horas de desconforto do que a D.

Tabela 5 Percentagem de horas de desconforto para as quatro habitações analisadas

| | | Tipologias | | | |
|-------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| Desconforto | | A | B | C | D |
| Calor | Sala | 34,3% | 30,2% | 37,1% | 38,5% |
| | Dormitório | 32,6% | 28,6% | 37,1% | 40,0% |
| Frio | Sala | 0,6% | 0,8% | 0,3% | 0,5% |
| | Dormitório | 2,2% | 0,6% | 0,7% | 0,8% |

5 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados corroboram a importância da orientação solar das edificações e o uso de coberturas de menor transmitância térmica como forma de melhorar as condições de conforto por calor. Os resultados corroboram a opinião dos agentes públicos, que apontam a tipologia representada por A e B como solução aconselhada e tipologia representada por C e D não aconselhada, e a percepção dos usuários. Em relação aos cômodos, para A, B e C, houve diferença relevante nas temperaturas conforme a orientação solar, o que não foi verificado para D. O estudo também indica a necessidade de definir uma abordagem para a avaliação de edificações habitadas, uma vez que é difícil acompanhar diariamente os hábitos dos moradores, tais como, o uso de ventiladores e aquecedores, abrir ou manter fechadas portas e janelas, uso de equipamentos que geram calor, entre outros, que interfere no comportamento térmico de edificações.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 15220-1/2/3**. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- 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.; ROTTA, R.; MÜLLER, S. **Avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social em Santa Maria – RS**. In: 10. ENCONTRO NACIONAL. 6. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. **Anais ... ANTAC**, 2009.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas de Santa Maria, RS**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acessado em: novembro de 2008.
- MORELLO, Al. **Avaliação do comportamento térmico do protótipo habitacional Alvorada**. 2005. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIPE) da Universidade Federal de Santa Maria, responsável pela concessão de bolsa de iniciação científica, e ao Prof. Dr. Joaquim Pizzutti dos Santos (Dep. de Engenharia Civil, CT/UFSM), pela disponibilização dos equipamentos de medição.