



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE PALMAS, TO¹

ALMEIDA, Ygor Feitas de (1); REINALDO, Raydel Lorenzo (2); SILVA, Liliane Flávia Guimarães da (3)

(1) UFT, e-mail: ygorfreitas@hotmail.com; (2) UFT, e-mail: rlorenzo@uft.edu.br; (3)
UFT/IFTO, e-mail: lilianege@iftto.edu.br

RESUMO

Dante da necessidade de assegurar ambientes que estejam alinhados às exigências dos usuários, a NBR 15575/2013 estabelece requisitos mínimos de segurança e conforto a serem atendidos na execução de empreendimentos da construção civil. Nesta ótica, esta pesquisa teve como objetivo estudar e analisar o desempenho térmico à luz da referida norma, através de um estudo de caso na cidade de Palmas, TO, a qual possui registro de altas temperaturas durante todo o ano. Os resultados encontrados, apesar de atenderem integralmente aos requisitos e critérios contidos na referida norma para a unidade estudada, evidenciaram a necessidade de uma revisão deste arcabouço normativo, na medida em que revelaram temperaturas internas maiores que temperaturas externas na maior parte do dia. Neste sentido, a contribuição deste estudo é, além de caracterizar o ambiente estudado, compreender os requisitos e critérios atribuídos, e a partir desta compreensão inferir sobre sua aplicabilidade e a necessidade de adequá-los às verdadeiras necessidades dos usuários.

Palavras-chave: Conforto térmico. Desempenho térmico. NBR 15575/2013. Palmas, TO.

ABSTRACT

Towards the need to ensure environments that are aligned with the requirements of users, the NBR 15575/2013 establishes minimum requirements for safety and comfort to be met in the execution of projects of construction. In this perspective, this research aimed to study and to analyze the thermal performance in accordance with this standard, through a case study in the city Palmas, TO, which has record of high temperatures throughout the year. The results, although fully attendance the requirements and criteria contained in that standard for the unit studied, show the need for a revision of this regulatory framework, because revealed higher indoor temperatures than outdoor temperatures for most of the day. In this sense, the study's contribution is to characterize the studied environment, and to understand the requirements and criteria assigned to infer its applicability and the need to adapt them to the real needs of users.

Keywords: Thermal comfort. Thermal performance. NBR 15575/2013. Palmas, TO.

1 INTRODUÇÃO

A experiência brasileira na construção civil apresenta uma série de

¹ ALMEIDA, Ygor Feitas de; REINALDO, Raydel Lorenzo; SILVA, Liliane Flávia Guimarães da. Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas, TO. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

patologias, inclusive acidentes e sinistros nas edificações. Tais problemas são geralmente ocasionados pela redução de custos e consequentemente pelo uso de materiais e métodos de baixa qualidade, como também pela falta de requisitos mínimos de construção. Além disso, os consumidores pautam-se normalmente por fatores estético-funcionais na escolha do imóvel, tanto pelo desconhecimento de critérios técnicos, como também pelo longo período em que muitas patologias demoram a surgir nas edificações, o que não ocorre na maioria dos produtos de consumo.

Diante da necessidade de nortear os critérios de qualidade da edificação, foi desenvolvida a primeira norma de desempenho no Brasil, a NBR 15220 (ABNT, 2003), no entanto, apenas de desempenho térmico. Esta norma estabeleceu requisitos construtivos de acordo com parâmetros climáticos da realidade brasileira para atender edificações unifamiliares de interesse social.

Posteriormente, em razão da limitação da primeira norma, deu-se início ao processo de desenvolvimento da norma de desempenho para edificações residenciais, a NBR 15575 (ABNT, 2008). Publicada em 2008, porém, para entrar em vigor em maio de 2012, esta norma buscou estabelecer requisitos mínimos de desempenho, vida útil e de garantia para os sistemas que compõem as edificações. No entanto, em 2012, perante uma discussão corrente quanto à sua aplicabilidade, e sob forte pressão do setor da construção civil, a norma foi revisada e republicada em fevereiro de 2013, com entrada em vigor a partir de julho de 2013 (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

A versão final da NBR 15575 (ABNT, 2013) foi estabelecida com os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais, tanto de forma isolada, para um ou mais sistemas específicos, bem como de forma integrada, avaliando a edificação como um todo. Segundo a referida norma, desempenho diz respeito ao comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, e sua determinação é dada por meio da definição clara de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, para permitir a sua mensuração.

Tal demanda deve estar em conexão com outros requisitos, inclusive de viabilidade técnica e econômica, além da conexão necessária com as partes envolvidas tanto na análise *in loco* da obra, como em todo setor da construção civil. Ou seja, a aplicação da norma, embora clara pela determinação dos métodos especificados, não é tarefa fácil por envolver agentes com interesses muitas vezes divergentes, incluindo nesta discussão aspectos técnicos, econômicos e políticos.

Diversas pesquisas surgiram no Brasil com o objetivo de avaliar a adequabilidade da NBR 15575 (ABNT, 2013) para diferentes cenários, desde o uso de diferentes tipos de materiais, até a aplicação às diferentes zonas climatológicas no país. O presente estudo tem por objetivo avaliar o desempenho térmico de uma edificação no Município de Palmas, TO, à luz da NBR 15575 (ABNT, 2013). A cidade de Palmas localiza-se na zona climatológica 7, e possui registro de altas temperaturas durante todo ano

(INMET, 2015). Por este motivo, um olhar mais atencioso deve ser lançado sobre a região, tendo em vista as suas características climáticas, sobretudo a temperatura, fator limitante ao atendimento dos padrões mínimos de conforto térmico.

2 METODOLOGIA

Para aplicar a metodologia descrita pela NBR 15575 (ABNT, 2013), é necessário entender quais são estes critérios e como estes podem ser analisados. A referida norma estabelece dois procedimentos de avaliação de desempenho térmico. O primeiro, chamado de simplificado (normativo), verifica o atendimento dos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas. Em caso de atendimento insatisfatório, a norma recomenda a aplicação de simulação computacional. O segundo procedimento é a Medição *in loco* na obra já concluída ou protótipo. Optou-se por desenvolver a análise com base no procedimento 1 e 2, porém, sem a utilização do método computacional, em virtude da ausência de algumas informações climáticas para a cidade de Palmas, como também por recomendação de outros estudos, como Grigoletti; Sattler (2010), Loura; Assis; Bastos (2011), Brito *et. al.* (2012), Oliveira; Souza; Silva (2013), Marques; Chvatal (2013), Sorgato; Melo; Lamberts (2013).

2.1 Método simplificado

Neste método verifica-se o atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE) e para os sistemas de coberturas. Para o SVVIE, é necessário o atendimento de três critérios: transmitância térmica (U) de paredes externas, capacidade térmica (CT) de paredes externas e aberturas para ventilação. Para os sistemas de coberturas, só há um requisito de atendimento: transmitância térmica (U).

De forma resumida, os valores dos dois primeiros critérios (U e CT) são obtidos por meio de uma tabela da NBR 15220 (ABNT, 2003), em que constam valores de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para diferentes geometrias de blocos e espessuras de argamassas, assim como para diferentes tipos de coberturas. Já as aberturas de ventilação devem possuir dimensões efetivas mínimas de acordo com a relação com a área de piso do ambiente.

2.2 Medição *in loco*

A medição *in loco* prevê a verificação do atendimento aos requisitos e critérios por meio da realização de medições de temperatura em edificações existentes ou mesmo em protótipos construídos para esta finalidade.

Segundo a norma, o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor(ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual

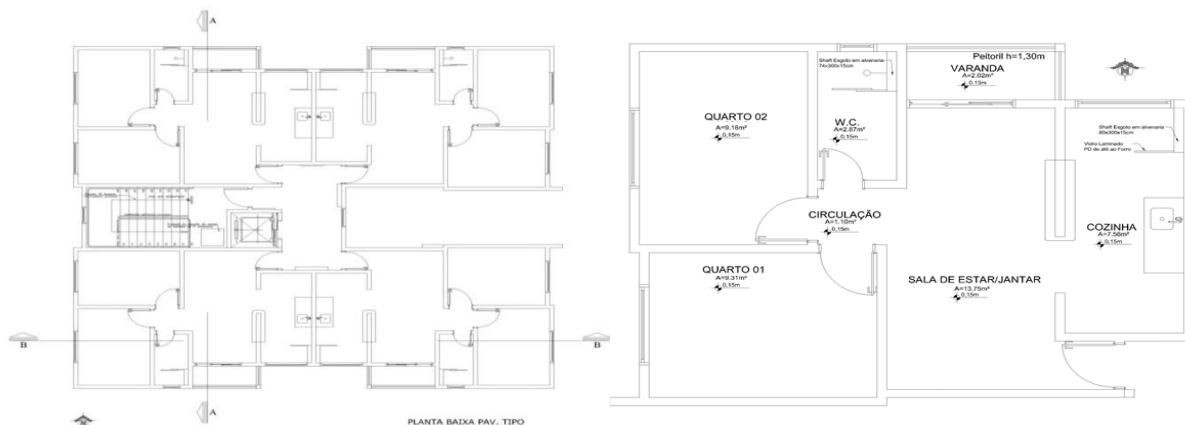
ao valor máximo diário de temperatura do ar exterior.

Os critérios apresentados pela norma são considerados para um dia típico de verão, com medições à sombra. Para as condições de inverno, a norma não especifica a necessidade de adotar critérios de desempenho térmico para a zona climática 7, onde localiza-se a cidade de Palmas.

2.3 Caracterização do edifício estudado

O Edifício² em estudo está situado no Plano Diretor Sul da cidade de Palmas, tendo área total 1882,18 m². É constituído por dois blocos de seis pavimentos, com quatro apartamentos cada, incluindo o térreo. Cada apartamento possui área total de 53,17 m² (Figura 1), em cujo programa constam: sala de estar/jantar (13,75 m²); varanda (2,01 m²); cozinha / área de serviço (7,56 m²); circulação (1,10 m²); banheiro social (2,88 m²); e dois quartos (quarto 1 com 9,31 m² e quarto 2 com 9,18 m²).

Figura 1 – Planta Baixa do Pavimento Tipo e Apartamento em estudo



Fonte: Os autores.

Para conjuntos habitacionais multipiso, a norma exige a seleção de uma unidade do último andar, cujas janelas de dormitório ou sala estejam voltadas para o oeste e a outra parede voltada para o norte. Optou-se pelo estudo do apartamento 601 do bloco B, que, além destes requisitos, possui a varanda orientada para o norte (Figura 2).

² Não identificado por solicitação da empresa construtora proprietária do empreendimento.

Figura 2 – Identificação da unidade de estudo



Fonte: Foto Almeida (2015).

2.4 Instrumentos

Para aplicação do procedimento simplificado, foi utilizado o memorial descritivo fornecido pela construtora, em razão da edificação encontrar-se concluída. Já para a aplicação do procedimento 2, a norma orienta que o período de medição deve corresponder à análise de um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes, e ainda, avaliar uma sequência de três dias e analisar os dados ao terceiro dia. Foi avaliado o período das 10h da manhã do dia 11/03/2015, às 10h da manhã de 14/03/2015, totalizando 72 horas de coleta de dados.

Os equipamentos foram instalados conforme orientações da ISO 7726 (1998), no centro dos dormitórios e sala a 1,20 m do piso, conforme exigência da NBR 15575 (ABNT, 2003).

Para medição das temperaturas do ambiente interno (quartos e salas) foi utilizado Data Logger U12-013 da marca Hobo (Figura 3), que faz a leitura de temperatura e umidade. Este equipamento possui ainda dois canais externos para sensores de temperatura, utilizados para levantamento nos quartos. Trabalha na faixa de medição de temperatura entre -20°C a +70°C e umidade entre 5% a 95%. Possui precisão de +/- 0,35°C, com resolução de 0,03%. Para a realização do estudo, foi programado o armazenamento de dados a cada um minuto.

Já para medição de temperatura externa, foi utilizado o Data Logger UA-001-64, também da marca Hobo (Figura 3), que faz a leitura de temperatura e suporta submersão em água, podendo ficar exposto à chuva. Opera na faixa de medição entre -20°C a +70°C com precisão de +/- 0,47°C e resolução de 0,1°C.

Figura 3 – Instalação do equipamento interno (sala e quarto) e externo (varanda)



Fonte: Foto Almeida (2015).

3 RESULTADOS

3.1 Método simplificado

De acordo com o memorial descritivo, o edifício em estudo possui vedações internas e externas com blocos cerâmicos de 2 furos, com $14,0 \times 29,5 \times 19,0$ cm, cuja espessura da argamassa de assentamento é de 1,0 cm e de emboço de 2,5 cm. Segundo especificações das tabelas da NBR 15220 (ABNT, 2003), com estes materiais temos $U = 2,45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e $CT = 203 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Para a zona climática 7, a norma define a necessidade de Transmitância Térmica menor que $3,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e Capacidade Térmica maior ou igual a $130 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Para as aberturas de ventilação, a norma exige aberturas efetivas maiores ou iguais a 7% da área de piso. O Edifício estudado possui sala com esquadria de correr com duas folhas de $1,65 \times 2,10\text{m}$, proporcionando $13,75 \text{ m}^2$ de área efetiva de ventilação, 12,58% em relação ao piso. Os quartos também possuem esquadria de correr com duas folhas de $1,50 \times 1,20\text{m}$, proporcionando $0,90 \text{ m}^2$ de área efetiva de ventilação, 9,67% em relação ao piso do quarto 1 e 9,8% em relação ao quarto 2.

Para o caso de cobertura com telha de fibro-cimento de 0,7 cm e forro de laje mista de 12,0 cm de espessura ($R_{\text{laje}} = 0,0900 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ e $CT_{\text{laje}} = 95 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$), a norma apresenta $U = 1,93 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Para a zona bioclimática 7, é definido pela NBR 15220 (ABNT, 2003) que, para valores de absorção menor³ ou igual a 0,4, a transmitância térmica⁴ para os sistemas de coberturas deverá ser menor ou igual a $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

O Quadro 1, abaixo, demonstra o atendimento do Edifício estudado a todas as exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013) pelo método simplificado.

³ A absorção térmica é tabelada pela norma em razão da cor do edifício. Neste caso, para o edifício estudado (verde claro), o valor da absorção é de 0,40.

⁴ Adotando Fator de Ventilação igual a 1 (átrios não ventilados).

Quadro 1 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) no método simplificado

Item avaliado	Exigência da norma	Itens verificados	Resultado	
SVVIE	Parede	$U < 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $CT \geq 130 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 2,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $CT = 203 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Atende
	Aberturas Sala	Aventilação $\geq 7\% A_{\text{piso}}$	Aventilação = 12,58% A_{piso}	Atende
	Aberturas Quarto 1	Aventilação $\geq 7\% A_{\text{piso}}$	Aventilação = 9,67% A_{piso}	Atende
	Aberturas Quarto 2	Aventilação $\geq 7\% A_{\text{piso}}$	Aventilação = 9,8% A_{piso}	Atende
	Cobertura	$U \leq 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 1,93 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Atende

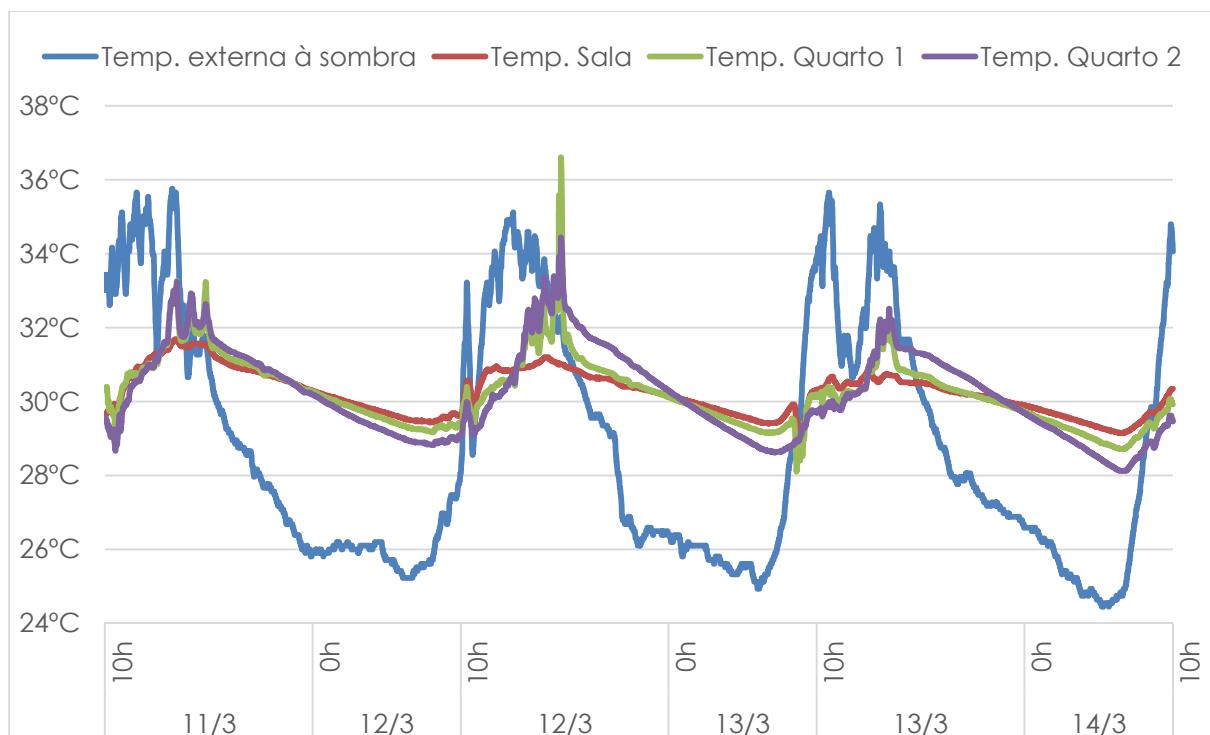
Fonte: Os autores.

3.2 Medição *in loco*

Como exigência da norma, a temperatura foi registrada por três dias consecutivos, iniciando às 10h do dia 11/03/2015 e encerrando às 10h do dia 14/03/2015. Os registros de temperatura encontram-se na Figura 4.

A máxima temperatura registrada durante os três dias de medições ocorreu no dia 12/03/2015 no quarto 1, às 16h45, com 36,61°C. A temperatura externa à sombra atingiu o máximo de 35,76°C no primeiro dia do levantamento, às 14h31. Dentre os ambientes internos, a mínima foi registrada também no quarto 1, com 28,10°C às 08h37 do dia 13/03/2015. A mínima externa foi de 24,45°C às 05h13 do último dia do levantamento. Além disso, notam-se baixas amplitudes térmicas nos ambientes internos.

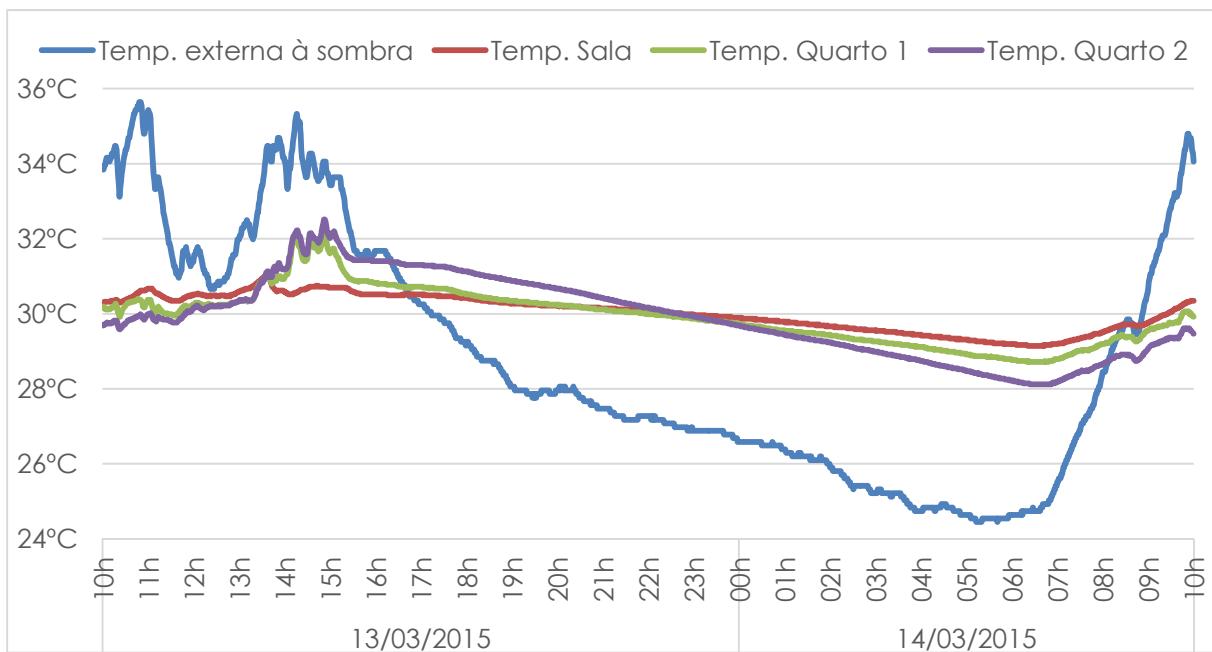
Figura 4 - Temperatura interna e externa durante os três dias de medição



Fonte: Os autores.

No entanto, para efeito de avaliação e classificação de desempenho, conforme recomendação da norma, são avaliados somente os valores do último dia, demonstrados na Figura 5.

Figura 5 - Temperatura interna e externa no último dia de medição



Fonte: Os autores.

No último dia de medição, a máxima temperatura foi registrada no exterior do edifício, às 10h48 com 35,65°C, assim como a mínima, com 24,45°C às 05h13 (também identificado na Figura 4). Além disso, percebeu-se uma variação não linear na temperatura externa à sombra, ocasionada por uma chuva rápida, com início às 11h, reduzindo a temperatura em aproximadamente 5°C, chegando a 30,66°C entre as 12h22 e 12h27. É necessário registrar que a temperatura máxima do sensor externo à sombra foi registrada pouco antes do início desta chuva, evento explicável através dos fenômenos hidrológicos de precipitação. Após a chuva, a temperatura voltou a subir, atingindo o máximo de 35,33°C às 14h16, bem próximo à máxima anterior.

As temperaturas máximas registradas nos ambientes internos foram: 31,03°C às 13h35 na sala; 32,15°C às 14h52 no Quarto 1; e 32,51°C às 14h52 no quarto 2. As mínimas temperaturas internas registradas foram: 29,14°C das 06h21 às 06h43 na sala; 28,72°C das 06h20 às 06h48 no Quarto 1; e 28,12°C das 06h24 às 06h52 no quarto 2.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) define como requisito mínimo (M) de desempenho que a temperatura interna máxima seja menor ou igual à temperatura externa máxima. Como requisito intermediário (I), a temperatura interna máxima deve ser 2°C menor que a temperatura externa máxima e como requisito superior (S), a temperatura interna máxima deve ser 4°C menor que a temperatura externa máxima. O Quadro 2, abaixo, demonstra o

atendimento do Edifício estudado a todas as exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição *in loco*.

Quadro 2 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição *in loco*

Item avaliado	Exigência da norma	itens verificados		Resultado
		T _{imax}	T _{emax}	
Recintos de permanência prolongada	Sala	M → T _{imax} ≤ T _{emax}	31,03°C	Atende – nível Superior de desempenho
	Quarto 1	I → T _{imax} ≤ (T _{emax} - 2°C)	32,15°C	
	Quarto 2	S → T _{imax} ≤ (T _{emax} - 4°C)	32,51°C	

Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÕES

Evidenciou-se o atendimento integral dos critérios de desempenho térmico para o Edifício estudado, considerando os dois procedimentos realizados: Método Simplificado e Medição *in loco*. No entanto, foram identificadas algumas lacunas no que diz respeito à aplicação da norma e até mesmo em relação aos critérios que esta apresenta.

Entre as lacunas, no método simplificado, percebeu-se que a classificação geral das zonas climáticas não considera especificidades locais e regionais do clima. Na medição *in loco*, pode-se citar como dificuldade a utilização de uma única variável, a temperatura. Para o dia típico de verão ou inverno, a norma não especifica a influência de outras variáveis, como a precipitação, que influenciou sobremaneira nesta pesquisa. A sequência de três dias, e ainda a avaliação apenas do último dia, também é muito reduzida para uma análise de desempenho. Embora o Edifício estudado tenha apresentado desempenho térmico satisfatório, percebeu-se que no segundo dia de medição a edificação não obteria êxito. Seriam necessários, pois, mais dias de coleta, considerando outras variáveis envolvidas.

Mesmo que seja tomado como parâmetro apenas a variável temperatura, a norma considera apenas a máxima diária, sem considerar as mínimas e as médias, assim como o tempo de duração de cada uma delas. Nesta pesquisa, verificou-se que o interior da edificação manteve-se com temperatura superior à temperatura externa na maior parte do tempo, em quase 70% do dia, durante o período noturno, quando é provável que a edificação possua maior utilização pelos moradores.

Outra lacuna diz respeito à forma de coleta da temperatura, principalmente a externa. Os dados meteorológicos seguem rigorosos padrões de controle, em que os sensores de temperatura devem estar acondicionados em abrigos padrão, dentre outras exigências, enquanto na referida norma não há qualquer observação a respeito. Também não há informação se pode ser utilizada a temperatura fornecida pelas instituições de estudos

meteorológicos, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional de Águas (ANA), entre outros.

Verificou-se também, a necessidade de divulgação e esclarecimento quanto à norma de desempenho e sua obrigatoriedade. Na fase preliminar da medição, diversas tentativas de realização de estudo *in loco* foram frustradas em diversas empresas, pelo receio do não atendimento aos critérios da norma.

Considerando a norma em seu texto atual, sugere-se ainda a realização de mais pesquisas, considerando um maior número de dias de análise, além da utilização também de protótipos com materiais de diferentes propriedades térmicas.

AGRADECIMENTOS

Grande contribuição foi realizada em consulta aos profissionais do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Labee), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a quem deixamos nosso agradecimento.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575:** Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRITO, A. C. et al. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2012.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Método de Avaliação Global de Desempenho Higrotérmico de Habitações de Interesse Social Para Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, abr./jun. 2010, p. 101-114.

INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environments: Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 1998.

LOURA, R. M.; ASSIS, E. S.; BASTOS, L. E. G. Análise Comparativa Entre Resultados de Desempenho térmico de envoltórias de edifício residencial gerados por diferentes

normas brasileiras. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 11, 2011, Búzios. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2011.

MARQUES, T. H. T.; CHVATAL, K. M. S. A Review of the Brazilian NBR15575 Norm: applying the simulation and simplified methods for evaluating a social house thermal performance. In: Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design, 4, 2013, San Diego. **Proceedings...** Vista, CA, EUA: SCS Society for Modeling & Simulation International, 2013.

OLIVEIRA, R. D.; SOUZA, R. V. G.; SILVA, R. M. Desempenho Térmico: qual valor devemos atender para a legislação brasileira? In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 12, 2013, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da Norma NBR 15575. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 12, 2013, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.