DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HIS COM PAREDES DE CONCRETO EM UBERLÂNDIA-MG: UMA COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS OBTIDOS E REQUISITOS EXISTENTES

OLIVEIRA, Roberta Bastos de (1); ALVES, Camila dos Reis (2)

(1) Mestranda, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, robertab.o@hotmail.com;

(2) Mestranda, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, camiladralves@gmail.com

Resumo: *O sistema construtivo de paredes de concreto tem sido amplamente utilizado na construção de habitações de interesse social (HIS). No entanto, questões relacionadas ao desempenho térmico necessitam de maiores estudos e atenção. Neste contexto, o presente artigo apresenta uma avaliação do desempenho térmico de uma HIS construída com paredes de concreto moldado in loco na cidade de Uberlândia-MG. Para as análises, utilizou-se o software Energy Plus simulando um projeto real aprovado após a publicação da ABNT NBR 15575:2013 durante as 8760 horas do ano. Trata-se de uma comparação entre os resultados obtidos e os requisitos normativos. Foram feitos dois tipos de comparação: as temperaturas internas da edificação com as externas, e as internas com as temperaturas estabelecidas como dia típico, para o inverno e o verão. Como resultados, observou-se que o desempenho térmico mínimo no inverno foi atendido com folga. No verão, entretanto, o desempenho mínimo somente foi atingido quando se utilizou o critério do dia típico. Faz-se uma crítica então quanto aos critérios normativos para desempenho térmico e à qualidade dos projetos que têm sido replicados na cidade sem uma preocupação com o usuário.*

Palavras-chave: *Paredes de concreto moldadas in loco. Habitação de Interesse Socia., Desempenho térmico.*

Área do Conhecimento: *Engenharias, Engenharia Civil, Construção Civil, Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos*

1 INTRODUÇÃO

A implementação do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e a produção de empreendimentos com muitas habitações permitiu ao setor da construção civil aprimorar e desenvolver novas técnicas construtivas capazes de reduzir custos, tempo de execução e promover obras mais limpas e racionalizadas. Dentre os sistemas construtivos largamente utilizados na construção das HIS destacam-se as paredes monolíticas de concreto moldadas *in loco.* Dados apontam que este sistema construtivo tem prevalecido no PMCMV, que em 2014 estava presente em 36% das unidades habitacionais (UH) produzidas, e a partir do segundo semestre de 2015 este percentual já chegava a 52% (SANTOS, 2016). Em Uberlândia-MG cerca de 63% das UH construídas por meio de empreendimentos faixa 1 utilizaram o sistema construtivo de paredes de concreto, sendo 2.176 apartamentos em empreendimentos multifamiliares verticais e 5.200 casas em empreendimentos unifamiliares horizontais. Essa tipologia tem sido amplamente replicada na cidade, e muitas delas com a mesma planta baixa.

Nesse contexto, é necessário que o impacto deste sistema construtivo no desempenho térmico de edificações seja considerado. O que se observa é que estão sendo utilizadas paredes de concreto com pouca espessura, sendo que o material apresenta alta condutividade térmica. Outro elemento importante é a produção seriada de uma mesma tipologia construtiva sendo empregada em todo Brasil, muitas vezes de baixa qualidade construtiva e sem levar em consideração as diferentes condições climáticas, tecnológicas, culturais e socioeconômicas do nosso território, fatores ponderados por Oliveira *et al.* (2014) e Rotta (2009).

Estudos relacionados ao desempenho térmico deste sistema construtivo apontam que há necessidade de modificações para atender às recomendações mínimas. Sacht (2008) avaliou por meio de simulações computacionais o desempenho térmico de painéis de concreto monolíticos utilizando como parâmetro a norma

NBR 15575:2013, observando que durante o verão para grande parte das localidades não foi atendido nenhum dos níveis de desempenho da norma. Ferreira e Pereira (2012) avaliaram o desempenho térmico de HIS de acordo com a NBR 15575:2013 a partir dos resultados pode-se notar que o uso de sistemas construtivos em concreto se limita às zonas bioclimáticas (ZB) em climas amenos a quentes, não sendo recomendados para as ZBs 7 e 8. Contudo, de um modo geral, para a condição de verão o desempenho das paredes de concreto foi apenas mínimo nas demais ZB.

Oliveira *et. al*. (2015) analisaram o desempenho térmico de envoltórias em concreto para as oito ZB levando em consideração as normas NBR 15220:2005 e NBR 15575:2013 e também do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e da certificação Selo Casa Azul. Foi verificado que os valores limites indicados são distintos em cada norma o que evidencia falta de uniformização na legislação brasileira. Todas as prescrições apontaram a necessidade de isolamento térmico para a parede de concreto.

É importante enfatizar também que alguns autores têm apresentado questionamentos com relação as fronteiras consideradas para o dia típico (SORGATO *et al.,* 2012; FERREIRA e PEREIRA, 2012; SILVA *et al*., 2014; SORGATO, MELO e LAMBERTS, 2013; SOARES e SILVA, 2013; ZANONI, SANCHEZ e BAUER, 2017). Nesse sentido, este trabalho propõe uma discussão a partir da comparação de resultados obtidos com a simulação do desempenho térmico das paredes de concreto com os requisitos existentes para avaliação segundo a norma de desempenho NBR15575:2013 (2013a e 2013b), realizada com base em um estudo de caso de um projeto real de HIS do PMCMV na cidade de Uberlândia-MG.

2 METODOLOGIA

Este trabalho consiste na avaliação do desempenho térmico de um projeto real de uma HIS construída com paredes de concreto, por meio de simulações realizadas com o software *EnergyPlus*. Para isso, fez-se necessário o levantamento da planta baixa arquitetônica da edificação e posteriormente, com as simulações realizadas, avaliou-se os resultados obtidos por meio de gráficos, comparando-os com os requisitos da NBR 15575:2013: comparação do dia típico com as temperaturas internas, e das temperaturas externas com as internas para os períodos de verão e inverno.

2.1 Estudo de caso

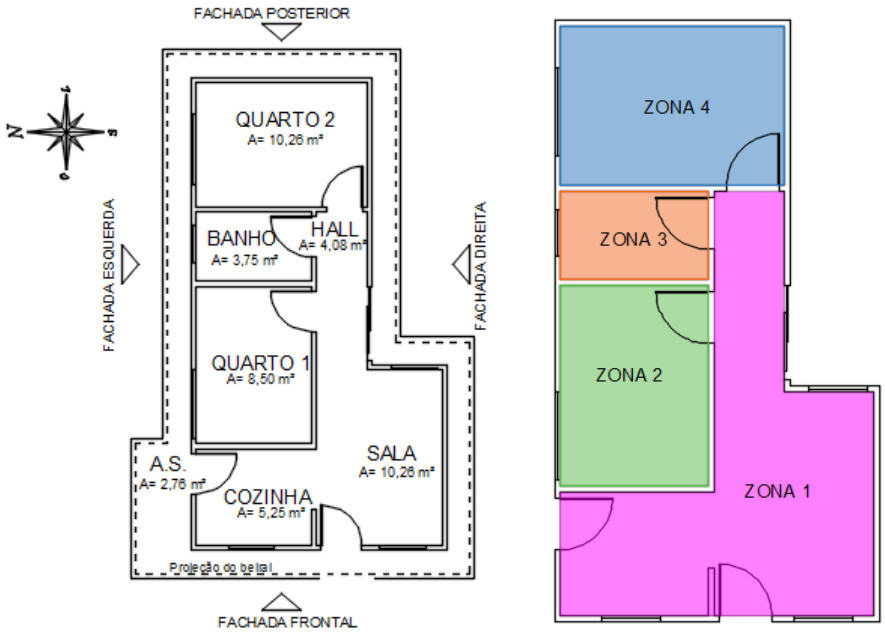
A HIS selecionada trata-se de uma residência unifamiliar com área total de 45 m²; pé-direito de 2,60 m; fundação do tipo radier; construída com laje e paredes de concreto moldado *in loco*; acabamento interno com gesso e externo com textura na cor branca (espessuras de 0,5 cm); cobertura sobre estrutura metálica, com telha de concreto de espessura 12 mm e beiral de 50 cm; janelas de vidro liso comum com 6 mm de espessura; duas portas externas de alumínio e uma de correr de vidro liso temperado com 10 mm de espessura; portas internas de madeira. A UH está localizada no Residencial Village Pequis I, zona oeste da cidade. A Figura 1(a) mostra a planta baixa real da UH. A Figura 1(b) mostra a planta utilizada na simulação com adaptações (desconsideração do beiral, pisos e de edificações no entorno) e a divisão em 4 zonas térmicas conforme recomendado pela NBR 15575-1 (2013a).

A cidade de Uberlândia-MG pertence à ZB 4, tendo como referência a cidade de Brasília-DF. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) estabelece dois requisitos a serem atendidos para a unidade habitacional: exigências de desempenho no verão e no inverno, estabelecendo os valores máximos e mínimos de temperatura, por meio de uma comparação entre o interior da edificação e o ambiente externo. A Tabela 1 mostra esses valores para a ZB 4 para os critérios no verão e no inverno. É também permitida a utilização das temperaturas do dia típico (ABNT, 2013a) que são: 31,2 °C para o verão e 10 °C para o inverno, devendo ser acrescida de 3°C, características da ZB 4.

Para uma simulação computacional mais próxima da realidade possível, foram analisadas as 8760 horas correspondentes a um ano, conforme recomendado por SORGATO *et al.* (2012). Dessa forma, como os requisitos falam apenas de desempenho no verão e no inverno e não das 4 estações separadamente, fez-se necessário a caracterização dos meses que representam de fato essas estações para a cidade de Uberlândia-MG, de clima tropical de altitude, semelhante ao da cidade de Brasília-DF. Braga e Amorim (2004) definem dois períodos distintos para esse clima: verão chuvoso de outubro a abril e inverno seco de maio a setembro, possibilitando a simulação para todos os meses do ano.

Foi analisada a situação mais crítica em relação à posição solar, com a fachada esquerda orientada para o norte. Em relação ao concreto, tomou-se como referência os dados obtidos por Cintra (2017), com os seus ensaios realizados em um painel de concreto de referência de 10 cm de espessura. As demais propriedades dos materiais foram consultadas na ABNT (2005), incluindo a absortância para paredes brancas com o valor de 0,20. Para os materiais que apresentaram variações em suas densidades, adotou-se os comercialmente encontrados. A Tabela 2 apresenta os valores adotados.

Figura 1 – Planta baixa da edificação: (a) real e dividida em zonas térmicas (b)



Fonte: As autoras (2019)

Tabela 1 - Critério de avaliação de desempenho térmico para a ZB 4 nas condições de verão e inverno

Nível de desempenho	Condições de verão	Condições de inverno
	Zonas 1 a 7	Zonas 1 a 5
M (mínimo)	Ti,max ≤ Te,max	Ti,min ≥ (Te,min + 3 °C)
Ti,max é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; Te,max é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; Ti,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; Te,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: Adaptado de ABNT (2013a)

Tabela 2 - Espessura e propriedades térmicas dos materiais utilizados na simulação

Material	Espessura (m)	Condutividade térmica - λ (W/(m.K))	Densidade de massa aparente - ρ (kg/m³)	Calor específico - c (J/(kg.K))
alumínio	0,035	230	2700	880
concreto	0,10	0,966	2452,58	1000

Material	Espessura (m)	Condutividade térmica - λ (W/(m.K))	Densidade de massa aparente - ρ (kg/m³)	Calor específico - c (J/(kg.K))
madeira	0,035	0,15	600	1340
vidro comum	0,006/ 0,010	1	2500	840

Fonte: adaptado de Cintra (2017) e ABNT (2005).

2.2 Apresentação e análise dos resultados

Com a simulação, foram obtidas as temperaturas durante as 8760 horas do ano, selecionando-se então as máximas e mínimas mensais para a análise. Para o desempenho no verão, as temperaturas máximas internas mensais foram comparadas: com as máximas externas mensais e com a temperatura do dia típico para o verão. Para o inverno, as temperaturas mínimas internas mensais foram comparadas: com as mínimas externas mensais e com a temperatura do dia típico para o inverno acrescida de 3°C. Em suma, no verão a temperatura interna deve ser menor que a externa, ou menor que 31,2°C; e no inverno, a interna deve ser maior que a externa acrescida de 3°C, ou maior que 13°C.

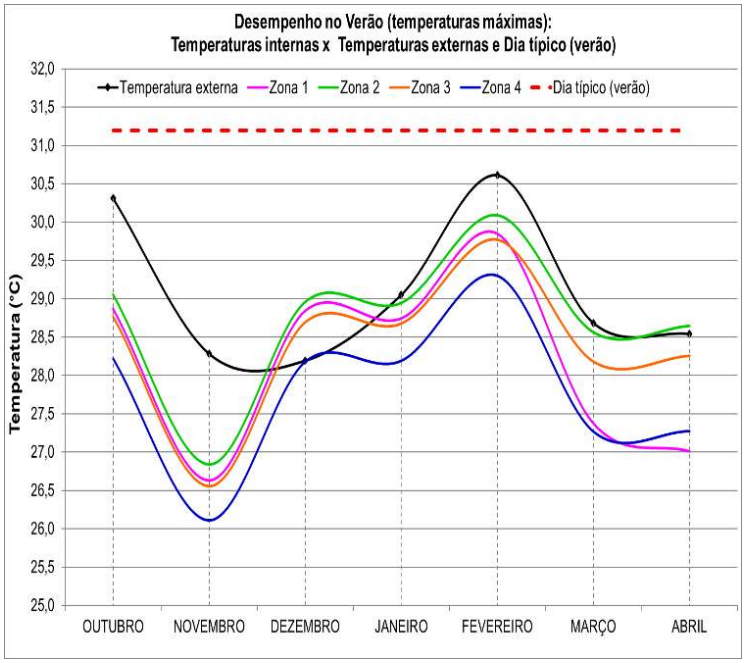
3 RESULTADOS

O desempenho de todas as 4 zonas da edificação no verão e no inverno são apresentados na Figura 2 e na Figura 3, respectivamente.

Para o verão, as temperaturas máximas internas ficaram acima das máximas externas entre os meados de novembro e janeiro, não atingindo o desempenho mínimo no verão por esse critério. Já para o dia típico, as temperaturas internas apresentaram-se bem abaixo de 31,2°C, portanto, o desempenho mínimo estaria atendido.

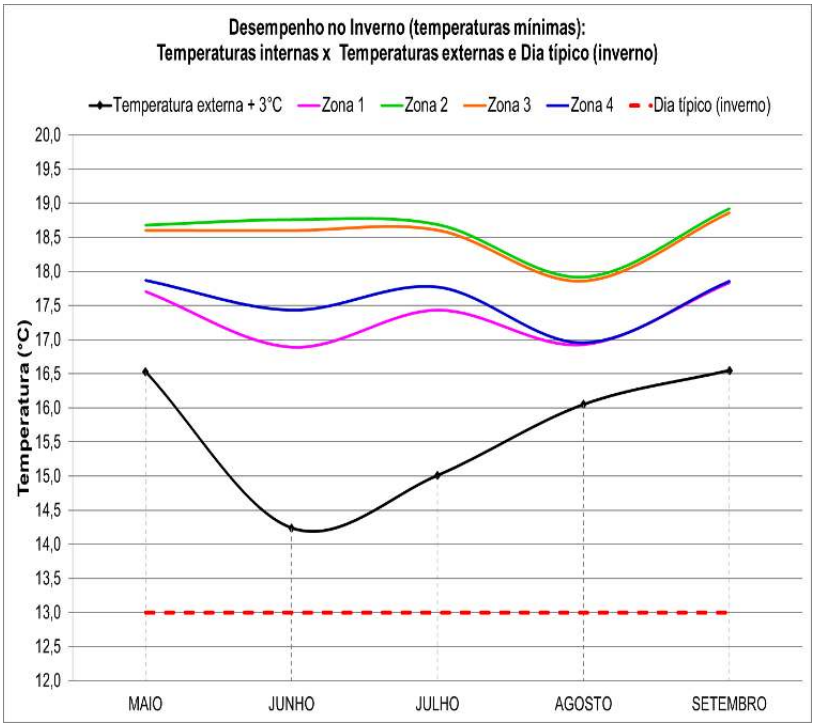
Para o inverno, as temperaturas mínimas ficaram acima das externas acrescidas de 3°C e também de 13°C, temperatura do dia típico. Logo, o desempenho mínimo no inverno estaria atendido para os dois critérios, com o do dia típico sendo atingido com mais folga.

Figura 2 – Resultados das análises para o desempenho térmico no verão



Fonte: As autoras (2019)

Figura 3 – Resultados das análises para o desempenho térmico no inverno



Fonte: As autoras (2019)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados, o desempenho térmico mínimo da edificação não seria atingido para o critério da comparação entre as temperaturas internas e externas enquanto estaria atendido para o do dia típico. Logo, os critérios normativos destoaram entre si, enquanto deveriam convergir para resultados similares. Destaca-se ainda que a absortância adotada de 0,20 foi para paredes totalmente brancas o que na maioria das vezes não acontece na prática e que poderia agravar ainda mais a avaliação. Evidencia-se então que cada avaliador diante de uma situação específica poderia utilizar o método ou critério que fosse mais conveniente, uma vez que as fronteiras consideradas para o "dia típico" apresentam extremos de temperatura, cujo critério pode ser facilmente atendido e a edificação avaliada positivamente nessa análise. Nota-se que podem ser determinados diferentes níveis de desempenho para uma mesma edificação a depender do critério escolhido.

De maneira global pode-se concluir que a edificação avaliada não atinge os requisitos mínimos de desempenho térmico comparando as temperaturas internas e externas, sob os aspectos da simulação computacional durante o ano todo que seria o mais viável. E, portanto, esse projeto não deveria ser implementado. Além disso, as fronteiras determinadas pelo dia típico devem ser revistas conforme ponderados em vários trabalhos.

É importante observar que não foram avaliados irradiância solar, orientação e volume de chuvas, e interferência do entorno. Além disso, embora o conjunto de normas de desempenho traga exigências associadas ao transporte de calor para os estudos de comportamento térmico, conforme o zoneamento bioclimático, os fenômenos simultâneos relacionados ao transporte de umidade e a interdependência entre eles são desconsiderados.

5 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações

(Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 1 ed. 21 p. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho (Parte 1: Requisitos gerais). 1 ed. 60 p. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho (Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE). 1 ed. 57 p. Rio de Janeiro, 2013b.

BRAGA, D. K.; AMORIM, C. N. D. Conforto térmico em edifícios residenciais do plano piloto de Brasília. I Conferência latino-americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, p.18-21, 2004. ISBN 85-89478-08-4.

CINTRA, L. B. Avaliação das propriedades térmicas de concretos com ar incorporado. 144f. (Dissertação), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

FERREIRA, C. C.; PEREIRA, I. M. Avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15.575, para as diversas zonas bioclimáticas. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 3590-3595. Juiz de Fora, out. 2012.

OLIVEIRA, R. D. *et al*.. Análise do desempenho térmico de envoltórias em concreto no Brasil. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 1655–1664. Maceió, nov. 2014.

OLIVEIRA, R. D. *et al.*. Concrete walls thermal performance analysis by Brazilian Standards. Energy Procedia, v. 78, p. 213–218, 2015.

ROTTA, R. Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria - RS. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SACHT, H. M. Painéis de vedação de concreto moldados in loco: Avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SANTOS, A. Paredes de concreto já dominam Minha Casa Minha Vida. 2016. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 11 de dezembro de 2018.

SILVA, A. S. *et al.* Incerteza do Método de Simulação da NBR 15575-1 Para a Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.

SOARES, M. M.; SILVA, A. C. S. B. Avaliação dos Parâmetros de Desempenho Térmico da NBR 15575 Para as Zonas Bioclimáticas 1, 2 e 3 Para Habitações Térreas de Interesse Social no Método Simplificado. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 15., Pelotas, 2013. Anais... Pelotas, 2013.

SORGATO, M. J. *et al.* Nota Técnica Referente à Avaliação Para a Norma de Desempenho NBR 15575 em Consulta Pública. Florianópolis: LABEEE, 2012.

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., Brasília, 2013. Anais... Brasília: ANTAC, 2013.

ZANONI, V; SANCHEZ, J.M.; BAUER, E. Estudo comparativo entre os dias típicos e a série 2001-2013 de dados horários climáticos. In: 1º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos, Campinas, 2017. Anais...Campinas: TECSIC, 2017.