



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

# DESEMPENHO TÉRMICO DE PAINEL DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNO COMPOSTO POR PLACAS DE MADEIRA MINERALIZADA EM LIGHT STEEL FRAMING<sup>1</sup>

NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva (1); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio (2); DURANTE, Luciane Cleonice (3); MARTINS, Ana Flávia Souza (4); LOUZICH, Kellen Mello Doriléo (5); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (6)

(1)UFMT, e-mail: tokdarte@gmail.com (2) UFMT, e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: luciane.durante@hotmail.com; (4) UFMT, e-mail: ana.flavia.martins@hotmail.com; (5) UFMT, e-mail: keldorileo@hotmail.com; (6) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com

## RESUMO

Os sistemas de vedação vertical precisam ser avaliados com vista a atender os requisitos de desempenho estabelecidos pelas normas brasileiras. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar desempenho térmico de um projeto de Habitação de Interesse Social implantado na Zona Bioclimática 7, composta por painéis de vedação vertical em blocos cerâmicos revestidos e uma proposta alternativa de painel de vedação. A avaliação seguiu os critérios normativos da NBR 15575-1 e 4 e pelo Método de Graus-Horas de acordo como RTQ-R, por meio de simulação utilizando o software EnergyPlus. Os componentes do painel de vedação vertical alternativo foram sequencialmente do exterior para o interior os seguintes: placa cimentícia 10mm, placa de madeira mineralizada de 17mm, câmara de ar de 90mm e placa de gesso acartonado de 12,5mm, estruturado com perfis Light Steel Framing (LSF). No dia típico de verão, as reduções em relação à temperatura externa foram de 2,4°C e 3,3°C na habitação com bloco cerâmico revestido e painel alternativo em LSF, indicando que ambas as tipologias alcançaram o nível de desempenho térmico Intermediário. Com relação aos graus-horas de resfriamento, o painel alternativo obteve uma redução de 3,5% em relação ao painel convencional.

**Palavras-chave:** Simulação computacional. EnergyPlus. Painel leve.

## ABSTRACT

The vertical panel systems need to be evaluated in order to meet the performance regulatory requirements. This research aims to evaluate thermal performance of a social housing project (HIS) implemented in bioclimatic zone 7, composed by vertical panels coated ceramic blocks and by a alternative panel system. The evaluation followed NBR 15575-1 and 4 standards and cooling degree-hours method, according to RTQ-R, by computational simulation using EnergyPlus software. The components design to compose the vertical panel system were sequentially from outside to inside: cementitious board (10mm), mineralized wood board (17mm), air gap (90mm) and gypsum plasterboard (12.5mm)

<sup>1</sup> NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio; DURANTE, Luciane Cleonice; MARTINS, Ana Flávia Souza; LOUZICH, Kellen Mello Doriléo; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho. Desempenho térmico de painel de vedação vertical externo composto por placas de madeira mineralizada em Light Steel Framing. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

structured by Light Steel Framing (LSF). In typical summer day, the reductions in the external temperature were 2,4°C and 3,3°C in the HIS with ceramic block and alternate panel LSF, indicating that both panel system types reached the Intermediate performance level (I). The cooling degree-hours indicated that was an improvement of 3.5% over the traditional panel composed by ceramic blocks.

**Keywords:** Computer simulation. EnergyPlus. Light panel.

## 1 INTRODUÇÃO

São inúmeras as alternativas disponíveis para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE), destinadas às edificações habitacionais. Porém, ainda predomina uma forte tendência na construção civil brasileira de utilização de sistemas de vedação vertical compostos por blocos cerâmicos revestidos internamente e externamente (ABDI, 2015).

A necessidade de buscar novas alternativas para o sistema de vedação vertical, face à elevada demanda construtiva gerada pelo déficit habitacional brasileiro, no âmbito econômico e sustentável, motiva o interesse por pesquisas sobre novas tecnologias construtivas. A escolha de sistema de vedação vertical está atrelada, na maioria das vezes, apenas ao fechamento de área externa, à compartimentação dos ambientes internos e aos custos iniciais gerados por esta etapa da obra, deixando-se de observar, previamente, quesitos relacionados ao conforto térmico e ao consumo de energia.

Os custos relacionados à adequação de edificações e a problemas no pós-ocupação são comuns, principalmente oriundos da elaboração de projetos que tratam dos condicionantes ambientais de forma estanques. Todavia, eles devem ser discutidos de forma ampla tendo em vista que a NBR 15575-1(ABNT, 2013) estabelece parâmetros de desempenho mínimo a serem considerados em relação ao conforto ambiental e habitabilidade de uma edificação. Por meio desta norma, a avaliação do nível de desempenho térmico pode ser feita de modo simplificado, através da estimativa dos valores mínimos da transmitância térmica e da capacidade térmica a serem observados em cada Zona Bioclimática Brasileira, ou ainda, por meio de simulação computacional, caso estes requisitos não sejam atendidos.

Uma alternativa crescente neste nicho construtivo são os sistemas industrializados, que apesar de não ser uma novidade para a indústria da construção civil brasileira, ainda são pouco utilizados para vedação das edificações, quando comparados aos sistemas convencionalmente empregados (MÓDENA, 2009). Dentre os sistemas industrializados utilizados atualmente nas edificações, está o estruturado em Light Steel Frame (LSF), uma tipologia de sistema de painel de vedação bastante difundida no mundo e tecnicamente viável, principalmente nos aspectos de produtividade, de controle de qualidade e de possibilidade de variação nas composições de projeto em edificações. Uma característica positiva do LSF é a utilização de múltiplos painéis e enchimentos, que possibilita elaborar projetos de diversas composições, permitindo melhor adequação do desempenho térmico e acústico de acordo com a zona bioclimática de

implantação, além de reduzir o peso próprio na edificação finalizada, quando comparado com as vedações tradicionalmente utilizadas no país (SANTIAGO et al., 2012).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é realizar um estudo comparativo de desempenho térmico entre o sistema de vedação vertical composto por blocos cerâmicos revestidos interna e externamente com argamassa, e um sistema de painel estruturado em LSF, composto externamente por placas cimentícias mineralizadas e, internamente, por placa de gesso acartonado, aplicados ao projeto de uma habitação de interesse social na Zona Bioclimática 7.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização da edificação objeto de estudo

A edificação objeto de estudo se constitui de uma tipologia arquitetônica idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa, Minha Vida, já construída na Zona Bioclimática 07, sendo o seu modelo amplamente utilizado em várias regiões brasileiras.

O sistema construtivo é composto por paredes de tijolos cerâmicos de oito furos com dimensões de 9x19x19cm, assentados na menor dimensão (meia vez), revestidos com argamassa externa e interna de 2,5cm de espessura e com argamassa de assentamento de 1cm de espessura.

O piso é de concreto desempenado. As portas externas são metálicas e as internas, de madeira. As janelas dos quartos e da sala não possuem vidro, somente venezianas. As janelas da cozinha são em vidro transparente, sem proteção solar específica.

Optou-se pela alteração do material utilizado na cobertura original da casa (Figura 1), com o intuito de isolar a cobertura da HIS para que não interferisse nos resultados do sistema de vedação. Assim, a cobertura considerada passou a ser a de telha metálica com isolamento térmico, em duas águas, com forro em laje de concreto 10cm.

A planta baixa e cortes da edificação que apresenta área construída igual a 38,70m<sup>2</sup> podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

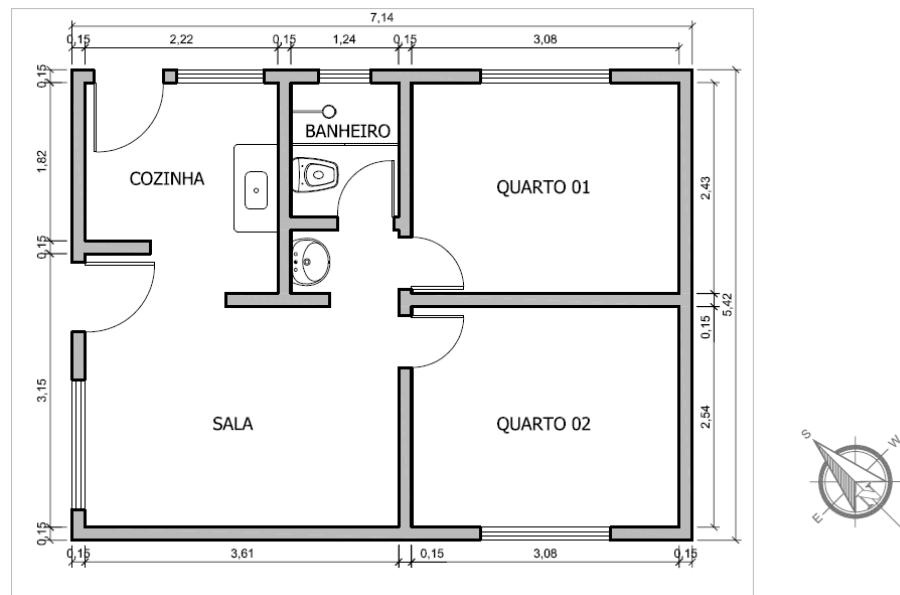
As paredes têm acabamento externo no tom bege claro e as internas na cor branca. Como se objetiva comparar os sistemas verticais de vedação vertical convencional com o proposto neste trabalho, o modelo convencional de SVVIE composto por tijolo cerâmico e argamassa foi substituído pelo painel industrializado composto por placas cimentícias, placas de madeira mineralizada e placa de gesso.

Figura 1 – Foto edificação utilizada na avaliação de desempenho térmico



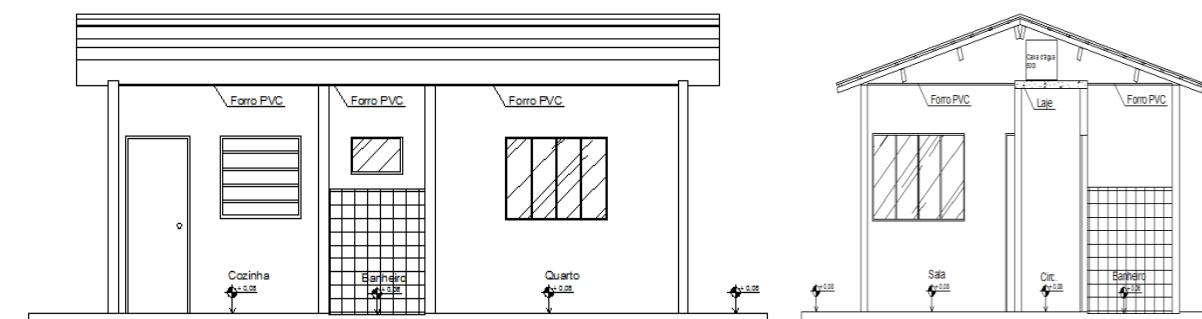
Fonte: Rios (2015)

Figura 2 – Planta-baixa da HIS



Fonte: Desenho com base em tipologia proposta Caixa Econômica Federal.

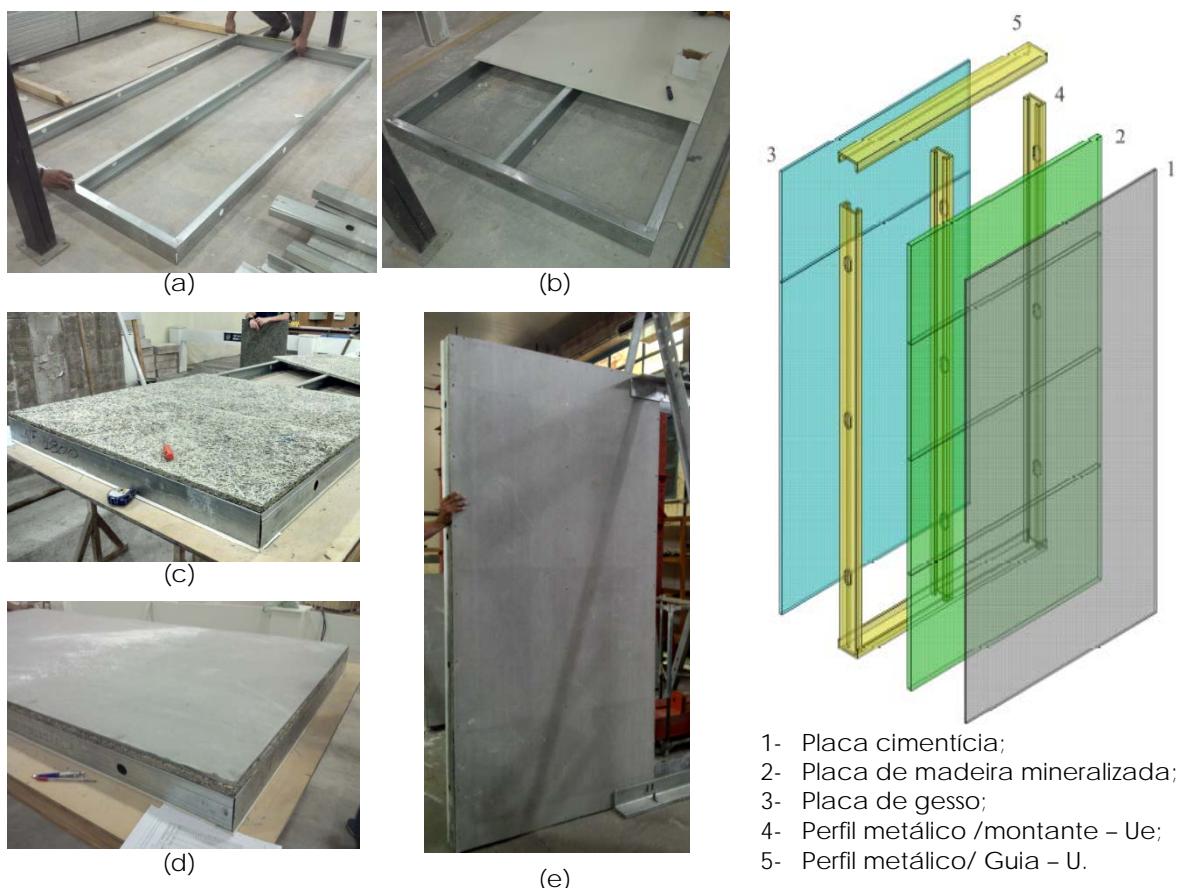
Figura 3 – Cortes da HIS.



Fonte: Desenho com base em tipologia proposta Caixa Econômica Federal.

Os detalhes de fabricação/ montagem e representação esquemática do SVVIE estruturado em LSF podem ser visualizados na Figura 4. Sequencialmente do exterior para o interior, o painel apresenta a seguinte configuração: placa cimentícia 10mm , placa de madeira mineralizada de 17mm, câmara de ar de 90mm e placa de gesso acartonado de 12,5mm, estruturados em perfis Light Steel Framing.

Figura 4 – Esquema de fabricação/ montagem do SVVIE estruturado em LSF : (a) Estruturação em LSF; b) placa de gesso acartonado, c) placa de madeira mineralizada; d) placa cimentícia, e) painel montado



Fonte: Os autores

### 3.2 Método de avaliação por simulação

A avaliação do desempenho térmico da HIS com os diferentes painéis foi realizada por meio de simulações computacionais com o software EnergyPlus, utilizando-se do arquivo climático da cidade de Cuiabá-MT, obtido no sitio [www.procelinfo.com.br/etiquetagem\\_edificios](http://www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios), conforme recomendação do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-R, 2010).

Na etapa de modelagem da HIS, utilizou-se o Plug-in OpenStudio para a edição e visualização em maquete eletrônica no programa SketchUp8. Para o desenho em 3D, o programa considera os elementos de construção sem

suas espessuras, as quais serão adicionadas, como informações numéricas para os cálculos, diretamente no EnergyPlus 8.1. A tipologia foi modelada conforme a planta baixa apresentada na Figura 1, sendo que as superfícies que representam as paredes externas foram desenhadas nos limites externos, as que representam as paredes internas, no eixo da parede de divisão entre os ambientes. Foram modeladas cinco zonas térmicas: quarto 1, quarto 2, banheiro, sala-cozinha e ático da cobertura, conforme critério estabelecido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Para subsidiar as análises, determinaram-se as propriedades físicas e térmicas dos componentes da edificação padrão com painel de blocos cerâmicos revestidos externa e internamente por argamassa e do painel proposto estruturado em LSF, seguindo as orientações previstas nos procedimentos de cálculo estabelecidos pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005) e NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Estas propriedades podem ser consultadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Propriedades termofísicas dos materiais da HIS

Características do componente	Cerâmica (Tijolo 8 furos)	Argamassa de reboco	Aço	Poliestireno Expandido	Concreto Laje/radier
Rugosidade	Áspero	Áspero	Liso	Áspero	Liso
Espessura (m)	0,09	0,025	0,00043	0,04	0,10
Condutividade (W/mK)	0,55	1,15	55	0,04	1,75
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	1600	2000	7800	15	2400
Calor Específico (J/kgK)	920	1000	460	1420	1000
Absorção térmica, solar e visível	0,85; 0,75; 0,75	0,85; 0,3; 0,3	0,3; 0,7; 0,7	0,3; 0,7; 0,7	0,3; 0,7; 0,7

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Propriedades termofísicas do painel proposto estruturado em LSF

Características do componente	Gesso acartonado	Placa cimentícia	Placa madeira mineralizada	Câmara de ar	Perfil metálico
Rugosidade	Liso	Áspero	Áspero	Liso	Liso
Espessura (m)	0,0125	0,010	0,025	0,09	0,0095
Condutividade (W/mK)	0,35	0,95	0,032		55
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	750	1800	440		
Calor Específico (J/kgK)	0,84	0,84	2,30		0,46
Absorção térmica, solar e visível	0,30; 0,50	0,65; 0,80	0,65; 0,80		0,25

Fonte: Os autores

Para atender ao critério da NBR 15575-Parte 4 (ABNT, 2013b), a absorção a radiação solar das superfícies das paredes foi considerada na cor clara, com  $\alpha = 0,3$ . Como a edificação foi implantada em várias orientações no

condomínio, na simulação computacional da edificação seguiu-se o critério estabelecido na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013) que indica que devem ser simulados os recintos de permanência prolongada (sala de estar e dormitórios) na orientação geográfica mais crítica do ponto de vista térmico, que para a condição de verão. Essa condição corresponde a um ambiente com duas paredes expostas, tendo uma janela voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte, ou em caso de impossibilidade dessa condição, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste. Não foram considerados sombreamentos, visto que a referida norma prescreve que as paredes e janelas devem estar totalmente desobstruídas.

O quarto 01 em planta foi o ambiente escolhido visto que este atende os requisitos estabelecidos na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013) e apresentou o pior desempenho térmico na edificação avaliada.

Foi considerada na simulação a condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora (1 ren/h). Avaliou-se também a edificação operando na condição de ventilação seletiva.

Foram adotados os parâmetros de coeficiente de rugosidade do entorno ( $a$ ), de coeficientes de pressão superficial (CP), de coeficiente de descarga (CD) e de coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ), indicados pelo RTQ-R (BRASIL, 2010), para ambas condições de simulação. As áreas de abertura das janelas atendem o requisito do RTQ-R que indica que o percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) deve ser superior a 5%.

### **3.3 Avaliação de desempenho térmico – NBR 15575 e RTQ-R**

A verificação da adequabilidade da edificação ao clima da região (zona bioclimática 7) é possível de ser feita pelos procedimentos normativos da NBR 15575-1 (ABNT, 2013), bem como pelo procedimentos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012), sendo ambos adotados para avaliação do desempenho térmico da edificação pesquisada.

A avaliação da edificação habitacional, considerando o desempenho térmico, deve atender aos requisitos do usuário quanto à permanência nos ambientes de uso frequente (sala e dormitórios). Assim, os critérios de avaliação para as condições de verão segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), considerando os níveis de desempenho mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S) são as apresentadas na Tabela 3, em função da temperatura do ar interna do ambiente e da temperatura externa do ar (GUIA CBIC, 2013).

Tabela 3 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão para as zonas bioclimáticas brasileiras

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_i, \text{máx} \leq T_e, \text{máx}$	$T_i, \text{máx} \leq T_e, \text{máx}$
I	$T_i, \text{máx} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx} \leq (T_e, \text{máx.} - 1^\circ\text{C})$
S	$T_i, \text{máx} \leq (T_e, \text{máx.} - 4^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C}) \text{ e } T_i, \text{mín} \leq (T_e, \text{mín.} + 1^\circ\text{C})$

Sendo:

M: Nível de desempenho Mínimo

I: Nível de desempenho Intermediário

S: Nível de desempenho Superior

$T_e, \text{máx}$ : Temperatura externa máxima no dia típico de verão ( $^\circ\text{C}$ )

$T_i, \text{máx}$ : Temperatura interna (nos ambientes) máxima no dia típico de verão ( $^\circ\text{C}$ )

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012) estabelece que a análise do desempenho térmico seja feita através do cálculo de graus-hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada da edificação habitacional. Esse indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado a partir da temperatura de base de  $26^\circ\text{C}$ , conforme recomendação do próprio RTQ-R (BRASIL, 2010). O cálculo é realizado a partir da temperatura operativa do ambiente (obtida na simulação) quando esta se encontra acima da temperatura de base conforme Equação 1, em que  $GH_R$  representa graus-hora de resfriamento anual ( $^\circ\text{Ch}$ ) e  $T_i$  a temperatura operativa em cada uma das 8.760 horas do ano ( $^\circ\text{C}$ ).

$$GH_R = \sum_{i=0}^{8760} \begin{cases} 8760 & \text{se } T_i > 26; \\ 0 & \text{se } T_i \leq 26; \end{cases} (T_i - 26) \quad (1)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Analise do desempenho térmico no dia Típico de Verão

A variação de temperatura interna durante dia típico de verão demonstra que o comportamento da tipologia de vedação em bloco cerâmico revestido apresentou melhor desempenho térmico durante a madrugada (a partir das 2h) e período matutino (até às 12h). No período vespertino (a partir das 1h) e noturno (até às 1h), o comportamento se modifica, passando o painel LSF a apresentar temperaturas internas inferiores às registradas na tipologia de vedação em bloco cerâmico revestido.

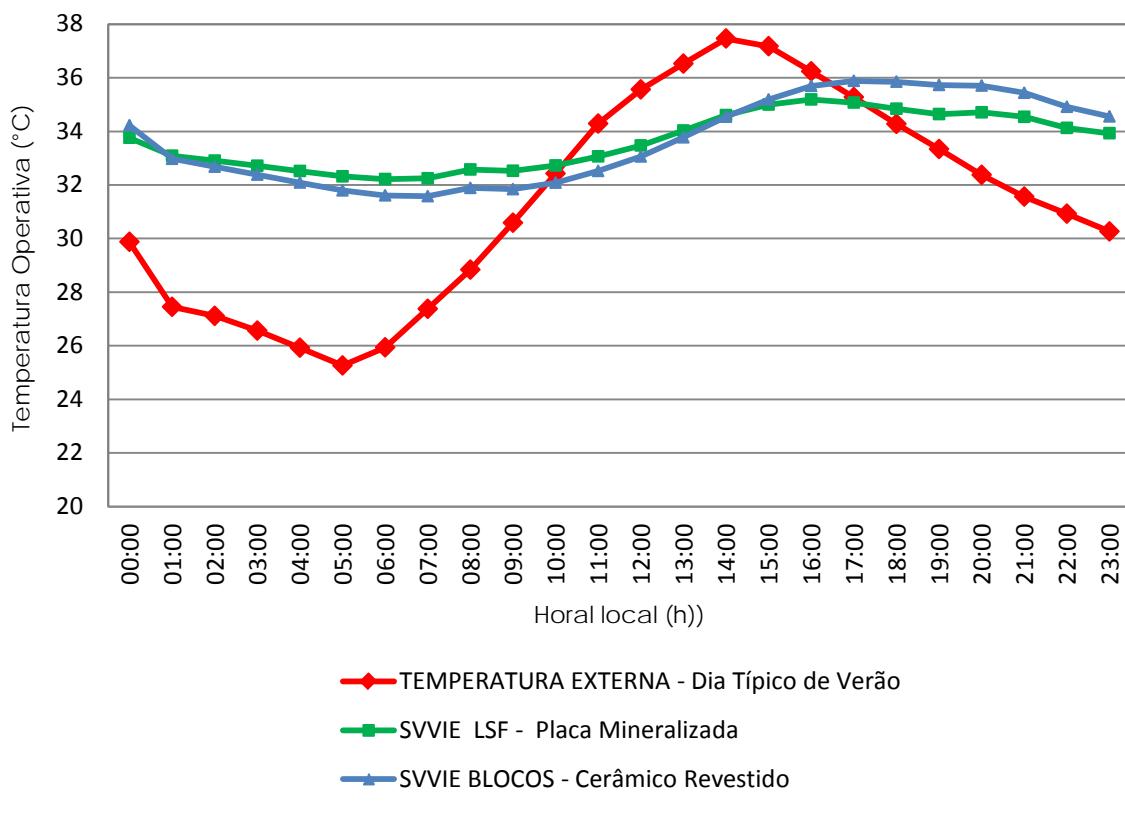
Os picos de temperatura do ar na tipologia em bloco cerâmico revestido e no painel LSF foram de  $35,90^\circ\text{C}$  e  $35,20^\circ\text{C}$ , ocorrendo às 17 e 16h, indicando atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 3h e 2h, respectivamente. Logo, constata-se que o painel LSF apresentou menor temperatura máxima interna, porém apresentou menor atraso térmico do

que o composto por blocos cerâmicos em virtude de sua menor inércia térmica.

No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de 1,58°C e 2,27°C na HIS com bloco cerâmico revestido e painel LSF, respectivamente, o que classifica a tipologia em painel em blocos cerâmicos revestidos com nível de desempenho *Mínimo* (M) ( $T_{i,\text{máx}} \leq T_{e,\text{máx}}$ ) e a tipologia em painel LSF, com nível de desempenho *Intermediário* (I) ( $T_{i,\text{máx}} - 2^\circ \leq T_{e,\text{máx}}$ ) (Figura 5).

Em virtude da baixa renovação do ar, nota-se que a temperatura mínima do ar permaneceu elevada (> que 31,50°C) nos dormitórios das edificações, com pequena amplitude térmica (em média 3,65°C). Este comportamento também foi observado na edificação pesquisada por Souza, Amparo e Gomes (2011) estruturada em painel LSF.

Figura 5 – Curso diário da temperatura do ar externo e operativa no interior das edificações para o dia típico de verão (1 ren/h)



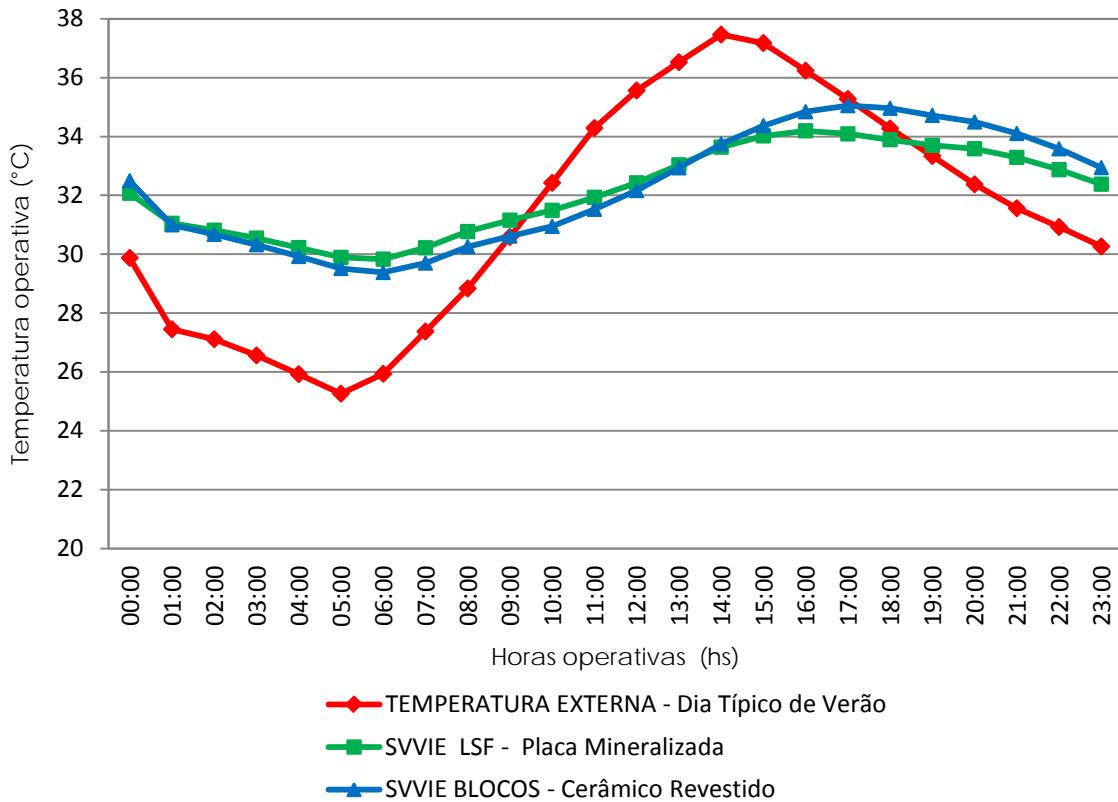
Fonte: Os autores

Na condição de ventilação seletiva, a HIS apresentou picos de temperatura do ar de 35,10°C e 34,20°C na tipologia em painel com bloco cerâmico revestido e com painel LSF, ocorrendo às 15h e 14h, indicando que há atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 3 e 2 horas, respectivamente.

No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de 2,4°C e 3,3°C na HIS com bloco

cerâmico revestido e painel LSF, respectivamente, o que as classifica com nível de desempenho *Intermediário* (I) ( $T_{i,\text{máx}} - 2 \leq T_{e,\text{máx}}$ ) para a condição em que os usuários abrem e fecham as portas e janelas de acordo com a temperatura do ar externo (Figura 6). Nota-se que as temperaturas do ar mínimas dos dormitórios se reduziram em relação a condição em que a edificação permanece com portas e janelas fechadas ( $<30^\circ\text{C}$ ), apresentando maiores amplitude térmica (em média  $5,17^\circ\text{C}$ ).

Figura 6 – Curso diário da temperatura do ar externo e operativa no interior das edificações para o dia típico de verão (Ventilação Seletiva)



Fonte: Os autores

O computo dos graus-horas de resfriamento indicaram que anualmente a HIS com painel em bloco cerâmico e com painel LSF apresentam  $43.667^\circ\text{Ch}$  e  $43.728^\circ\text{Ch}$  de resfriamento na condição com uma renovação de ar por hora (1ren/h).

Na condição de ventilação seletiva a HIS com painel em bloco cerâmico e com painel LSF apresentam  $27.486^\circ\text{Ch}$  e  $26.569^\circ\text{Ch}$  de resfriamento, o que representa uma melhora no desempenho térmico de 3,5% em relação ao painel convencional, na condição de ventilação seletiva.

O comportamento nessa condição, tanto no dia típico quanto no computo dos graus-horas, demonstra a importância da renovação do ar nos ambientes para a melhoria do desempenho térmico das edificações inseridas em regiões de clima tropical. A avaliação indica que a configuração proposta de painel composto por placa cimentícia/mineralizada e gesso acartonado é uma alternativa viável tecnicamente na

fase de concepção e projeto da edificação, tornando-se possível a sua adequabilidade para a zona bioclimática 7.

## 5 CONCLUSÕES

O SVVIE proposto nesta pesquisa composto por placa cimentícia/ madeira mineralizada e gesso acartonado estruturado em LSF apresentou nível de desempenho térmico intermediário (I) segundo a NBR 15575, com melhor desempenho térmico em termos de graus-horas do que o painel com blocos cerâmicos revestidos interna e externamente (redução 3,5%), na condição de ventilação seletiva, viabilizando o uso desta composição como alternativa na configuração do sistema de vedação vertical tanto para HIS como para outras tipologias construtivas.

Demonstra-se assim a viabilidade da utilização de materiais alternativos para sistemas de vedação vertical, em relação aos tradicionais painéis de vedação compostos de blocos cerâmicos, vindo de encontro das atuais necessidades de proporcionar edificações que atendam os critérios o zoneamento bioclimático brasileiro, em especial a ZB7, que apresentam elevadas temperatura do ar durante todo o ano. Isso foi conseguido em virtude do sistema industrializado em LSF possibilitar a utilização das mais diversas composições na sua confecção, que quando adequadamente projetados, pode favorecer o desempenho térmico das edificações.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFMT pela concessão das bolsas de Iniciação Científica e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso/Brasil (FAPEMAT) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. [Errata 1 09.06. 2008]

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3. Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais - Desempenho: parte 1- Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – desempenho: parte 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ABDI. **Manual da Construção Industrializada.** Conceitos e Etapas: Estrutura e Vedaçāo, Vol.1. Brasília-DF, 2015. Disponível em

[http://www.abdi.com.br/Documents/Manual\\_versao\\_digital.pdf](http://www.abdi.com.br/Documents/Manual_versao_digital.pdf) . Acesso em: 18 fev. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO- CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais:** Guia orientativo para o atendimento à norma ABNT NBR ABNT 15575 (2013). Fortaleza, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE INDUSTRIAL. **PORTARIA N. 18:** Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. RTQ-R. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

MÓDENA, L. **Construção industrializada: uma contribuição para habitações de interesse social.** Dissertação. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009.

RIOS, G. A. A. **Desempenho termoenergético de habitação de interesse social.** 2015. 147p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M.. **Steel framing: Arquitetura. Manual de Construção em Aço.** 2<sup>a</sup>. Ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em aço, 2012.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.