XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

# ANÁLISE COMPARATIVA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO ENTRE PAREDES EM LIGHT STEEL FRAMING E ALVENARIAS CONVENCIONAIS

**Pedro Igor Batista Bezerra (1); Gabriel Carvalho Silva (2); Gustavo Vasconcelos (3); Débora Vieira Muniz (4); Yêda Póvoas Vieira (5)**

(1) Mestre em Engenharia Civil, Engenheiro Civil, pedroigorbb@gmail.com
(2) Graduando em Engenharia Civil, gabrielcarvalho0197@gmail.com
(3) Graduando em Engenharia Civil, gustavotenoriov@gmail.com
(4) Graduanda em Engenharia Civil, deboravieiramuniz@hotmail.com
(5) Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, yeda.povoas@gmail.com
Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório Avançado de Construção Civil - LAAC, Recife - PE, 50720-001, Tel.: (81) 3184-7500.

## RESUMO

O Light Steel Frame (LSF) é um sistema construtivo composto por camadas de diferentes materiais, entres eles, perfis de aço galvanizado, introduzido no Brasil há menos tempo do que os tradicionais sistemas de vedação vertical convencionais em alvenaria. A utilização do sistema LSF agrega à obra vantagens econômicas, sustentáveis, de execução e até mesmo benefícios relacionados ao desempenho acústico e térmico da edificação, devido às características de isolamento dos materiais empregados no sistema. Este trabalho teve como objetivo a avaliação comparativa do comportamento térmico entre uma mini parede em Light Steel Framing e paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos e de blocos de concreto, a partir de simulação em câmara térmica e do cálculo de parâmetros de desempenho. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas: a confecção das mini paredes, os procedimentos de cálculos de acordo com as orientações estabelecidas pela NBR 15220 – 2 – Desempenho térmico de edificações e a avaliação por meio de simulação, utilizando uma câmara térmica confeccionada pelos autores para coleta de temperaturas e uma câmara termográfica para obtenção de termogramas. Os resultados obtidos por meio dos cálculos indicaram que a mini parede em LSF apresenta resistência térmica quase 5 vezes maior do que a das mini paredes de blocos cerâmicos e de concreto, além de possuir um alto valor de atraso térmico, em concordância com as temperaturas coletas e o os termogramas registrados. A análise comparativa dos resultados indicou que, de maneira geral, a mini parede de LSF apresentou melhor comportamento térmico do que as mini paredes de alvenarias convencionais.
Palavras-chave: construção civil, Light Steel Framing, comportamento térmico.

## ABSTRACT

The Light Steel Frame (LSF) is a construction system made up of layers of different materials, including galvanized steel profiles, introduced in Brazil less time than conventional masonry vertical vertical sealing systems. The use of the LSF system adds to the work economical, sustainable, execution advantages and even benefits related to the acoustic and thermal performance of the building, due to the characteristics of the insulation of the materials used in the system. The objective of this work was the comparative evaluation of the thermal behavior between a mini wall in Light Steel Framing and masonry walls of ceramic bricks and concrete blocks, using thermal chamber simulation and the calculation of performance parameters. In order to do this, the following steps were taken: the construction of the mini walls, the calculation procedures according to the guidelines established by the NBR 15220 - 2 - Thermal performance of buildings and the evaluation through simulation, using a thermal camera made by the authors for collecting temperatures and a thermographic camera to obtain termograms. The results obtained through the calculations indicated that the mini wall in LSF presents thermal resistance almost 5 times higher than that of the ceramic and concrete block mini walls, besides having a high value of thermal delay, in agreement with the collected temperatures

and the thermograms recorded. The comparative analysis of the results indicated that, in general, the mini wall of LSF showed better thermal behavior than the conventional walls of masonry.
Keywords: construction, Light Steel Framing, thermal behavior.

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento acurado das propriedades e do comportamento térmico dos elementos construtivos em condições típicas de uso é essencial para a criação de produtos e técnicas inovadoras, otimizando os projetos atuais e produzindo dados mais precisos para análises de custo-benefício para projetos futuros (BYRNE A.; BYRNE G.; ROBINSON, 2017).

Ainda nesse contexto, Santos et al. (2015) afirma que conhecer o comportamento térmico dos fechamentos das edificações permite aos projetistas estabelecerem estratégias para que as construções possam responder de maneira eficiente às variações climáticas, fornecendo as condições técnicas necessárias para o atendimento de critérios mínimos de desempenho, oferecendo conforto ao usuário, minimizando o uso de equipamentos de refrigeração e o consumo de energia.

Diferente dos sistemas de vedação vertical convencionais em alvenaria, que contém poucos componentes, o Sistema Light Steel Framing (LSF) utiliza diversos materiais em camadas que proporcionam melhoramento das propriedades de isolamento. O Steel Frame é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento (TECNE apud HASS E MARTINS, 2011).

No Brasil há uma tendência de utilização de vedações em alvenaria, isso se deve tanto pela abundância do material, quanto pela ausência de temperaturas extremas em grande parte do território nacional além de motivos culturais dos técnicos e usuários. O Light Steel Framing, por ser uma forma de construir que implementa baixo custo, rapidez, flexibilidade e é uma tendência natural da construção civil tendo em vista as necessidades apresentadas por uma sociedade em desenvolvimento (PEDROSO et al. 2014).

Pedroso et al. (2014) afirma ainda que o LSF tem grande desempenho acústico e térmico, obtido da combinação dos produtos de isolamento e revestimento entre as placas de paredes, e o forro revestido de lã de vidro, que é cerca de duas a três vezes superior ao desempenho da alvenaria convencional, podendo ser utilizado vidro, rocha ou poliéster. Análises laboratoriais experimentais sugerem que, para que uma alvenaria possua o mesmo desempenho térmico e acústico de uma em LSF de 90 mm de espessura seria necessário que a mesma tivesse 1500 mm de espessura.

Alguns estudos têm realizado simulações de aquecimento de mini paredes para analisar o comportamento destes protótipos sob condições controladas de temperatura. Cabe destacar os estudos de Silva, Melo e Queiroga (2013), que utilizam uma câmara térmica em dois espaços contíguos, sendo um aquecido e outro refrigerado, onde os elementos eram testados, obtiveram resultados correlacionados aos parâmetros calculados segundo a norma de desempenho térmico, a NBR 15220 (ABNT, 2005). Outro trabalho utilizando câmara térmica foi o de Specht et al. (2010), onde foram realizadas simulações de aquecimento e comparação dos resultados experimentais com equações matemáticas sobre o fluxo de calor que atravessava as mini paredes. Mais recente, tem-se o trabalho de Batista (2019) que realiza cálculos teóricos segundo normas, experimentos em câmara térmica com auxílio de termografia além de ensaios em fluxímetro para blocos de gesso e utiliza outros sistemas construtivos de vedação vertical para efeito de comparação.

Carvalho et al. (2016) em seu trabalho para avaliação do desempenho térmico de amostras de parede realizou um ensaio de termografia infravermelha, e conseguiu analisar a dissipação de calor e a diferença de temperatura entre as faces quente e fria.

Outra maneira de verificar a temperatura em experimentos é através de termopares de contato. Silva, Cahino e Melo (2012) utilizaram termopares de contato no centro das superfícies em seu estudo sobre análise térmica de blocos de concreto com resíduos e foi possível realizar uma comparação, observando-se a variação da temperatura na face não aquecida durante o tempo.

Deste modo, este trabalho visa realizar um estudo experimental e teórico acerca do comportamento térmico de paredes em LSF e alvenarias convencionais.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar comparativamente o comportamento térmico de uma mini parede em Light Steel Framing em relação ao de mini paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos e de blocos de concreto, a partir do cálculo de parâmetros de desempenho e de experimento utilizando câmara térmica e câmera termográfica.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Confecção das mini paredes.
2. Cálculo das propriedades térmicas de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005).
3. Verificação experimental por meio de experimentos utilizando câmara térmica e câmera termográfica.

### 3.1. Confecção das mini paredes

As minis paredes a serem utilizadas nesse estudo foram confeccionadas no Laboratório Avançado de Construção Civil (LAAC) de Escola Politécnica de Pernambuco – POLI/UPE, a partir de materiais normatizados obtidos junto a fabricantes e fornecedores.

A mini parede em sistema LSF é composta por diversos componentes: perfis metálicos com aproximadamente 90 mm de largura (guias e montantes), placa cimentícia impermeabilizada de 10 mm, placa OSB (Oriented Strand Board) de 10 mm, manta barreira de vapor e placa de gesso acartonado de 12,5 mm e como material de isolamento foi utilizada a lã de vidro com aproximadamente 75 mm de espessura. Na Figura 1, observa-se uma mini parede em LSF, que resultou em uma espessura total de 130 mm e formato quadrado com 42 cm de lado.



Figura 1 – Mini parede em LSF (Autores)

Para realizar a comparação do comportamento térmico, foram utilizadas duas outras minis paredes em alvenaria: uma em tijolos cerâmicos vazados e outra em blocos de concreto vazados. A mini parede em tijolos cerâmicos vazados foi construída utilizando-se tijolos de (9 x 19 x 19) cm com oito furos horizontais, assentados à meia vez (galga). A argamassa de assentamento utilizada foi industrializada e foram seguidas as recomendações do fabricante quanto à proporção de água e tempo de cura, com junta de aproximadamente 10 mm. Na Figura 2, vê-se a parede em tijolos cerâmicos que resultou na espessura total de 90 mm e formato quadrado de 42 cm de lado.



Figura 2 – Mini parede em tijolos cerâmicos (Autores)

Com blocos de concreto de dimensão (39 x 19 x 115) mm vazados na posição vertical, foi obtida uma alvenaria com 10 mm de argamassa industrializada para assentamento obtendo uma espessura final de 115 mm, igualmente com 42 cm de lado, aproximadamente (Figura 3).



Figura 3 – Mini parede em blocos de concreto (Autores)

## 3.2. Cálculo das propriedades térmicas de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005)

Foram parâmetros de desempenho previstos na NBR 15220 (ABNT, 2005), dentre eles, estão: a resistência térmica, a transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico. A NBR 15575 (ABNT, 2015) utiliza a transmitância e a capacidade térmica para verificação simplificada de vedações verticais externas quanto ao desempenho térmico. Os dados de entrada foram coletados na referida norma (ABNT, 2005), medidos nos protótipos e coletados junto aos fabricantes em manuais técnicos dos produtos, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de desempenho térmico das minis paredes

| **Componente** | **Dimensões nominais [cm]** | **Densidade de massa aparente [kg/m³]** | **Calor específico [kJ/kg.K]** | **Condutividade térmica [W/m.K]** |
|---|---|---|---|---|
| Bloco de concreto | 11,5 x 19 x 39 | 2400 | 1 | 1,75 |
| Tijolo cerâmico 8 furos | 9 x 19 x 19 | 1600 | 0,92 | 0,9 |
| Argamassa | 1 cm | 2000 | 1 | 1,15 |
| Placa de gesso acartonado | 1,25 cm | 1000 | 0,84 | 0,35 |
| Placa cimentícia | 1 cm | 1330 | 0,84 | 0,35 |
| Placa OSB | 1 cm | 650 | 2,30 | 0,14 |
| Lã de vidro | 9 cm | 100 | 0,70 | 0,045 |

## 3.3. Verificação experimental por meio de ensaio de comportamento em câmara térmica e câmara termográfica

A verificação experimental do comportamento térmico dos elementos de teste em estudo foi realizada em uma câmara térmica desenvolvida pelos autores. Esta câmara conta com fonte de aquecimento de infravermelhos de 250 W de potência, sensores de temperatura, painel de controle e aparato com isolamento térmico para posicionamento dos blocos entre dois ambientes: aquecido e resfriado (Figura 4).



Figura 4 – Aparato utilizado como câmara térmica (Autores)

Para coleta e registro das temperaturas superficiais, foram usados termopares tipo K e um termômetro com data logger integrado modelo MT 1044 da Minipa, cujas principais informações são apresentadas na Tabela 2. As temperaturas foram registradas a cada minuto e a fonte de aquecimento foi posicionada na mesma distância e com a mesma potência durante o mesmo tempo para todas as mini alvenarias. Cabe destacar que todos os ensaios foram realizados em ambiente controlado com a utilização de ar condicionado sob temperatura em torno de 26 °C.

Tabela 2 – Características do termômetro Minipa MT – 1044

| **Modelo Minipa MT – 1044** | |
|---|---|
| Resolução | 0,1°C / 0.1°F |
| Precisão | ± 1°C / ± 1°F |
| Armazenamento | Manual, automático ou programado |

Fonte: Minipa (2018).

Durante os ensaios foram registrados termogramas (imagens térmicas) através de uma câmera infravermelha com o objetivo de observar a distribuição de calor nas superfícies das mini alvenrias. Para tal foi utilizada a Câmera termográfica FLIR E–60, cujas principais características são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características da câmera termográfica Flir E-60

| **Modelo FLIR E-60** | |
|---|---|
| Resolução IR | 320x240 pixels |
| Sensibilidade Térmica | < 0,05ºC |
| Faixa de temperatura | -20 e 650°C |
| Precisão | ± 2ºC ou ± 2% de leitura |
| Câmera de vídeo sem iluminação | 3,1 MP |

Fonte: FLIR (2014).

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir dos cálculos dos parâmetros de desempenho térmico conforme prescrito na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), foram compilados os resultados para as 3 mini paredes estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros de desempenho térmico para as mini alvenarias

| **Elemento de teste** | **Resistência térmica [m²K/W]** | **Transmitância térmica [W/m²K]** | **Capacidade térmica [kJ/m².K]** | **Atraso térmico [h]** |
|---|---|---|---|---|
| Mini parede de tijolo cerâmico vazado | 0,36 | 2,75 | 44 | 1,64 |
| Mini parede de bloco de concreto vazado | 0,30 | 3,28 | 160 | 2,51 |
| Mini parede em LSF | 1,42 | 0,70 | 42 | 4,07 |

Percebe-se com clareza, as principais diferenças no comportamento térmico entre os diferentes sistemas de vedação vertical em teste no presente estudo. Observa-se que os valores da capacidade térmica são diretamente proporcionais tanto à densidade aparente de massa quanto à espessura do elemento. Contudo, os valores de resistência térmica para as mini alvenarias são baixos, isso se dá pelo elevado valor de condutividade térmica de 0,9 e 1,75 W/m.K para o tijolo cerâmico vazado e o bloco de concreto, respectivamente. Quando se leva em conta os diferentes componentes na parede em LSF, sobretudo a lã de vidro, constata-se que possuem valores de condutividade térmica baixos (Tabela 1) e, portanto, contribuem para elevar a resistência térmica do conjunto do sistema de vedação, tendo valores por volta de 4 vezes maior que os apresentados pelos sistemas em alvenaria.

A transmitância térmica, que é um dos parâmetros utilizados para verificação de desempenho térmico na NBR 15575 (ABNT, 2015), está relacionada à permissão de passagem de energia pelo meio que apresenta valores consideráveis para as configurações testadas neste trabalho. Para a mini parede em blocos de concreto, obteve-se um valor de 3,28 e para de tijolos cerâmicos, o valor de 2,75 W/m²K , sendo esses

valores cerca de 4 vezes maior que o encontrado na mini parede em LSF (0,70 W/m²K), a mini parede em LSF tem entre 3 e 4 vezes menor valor que as mini paredes em alvenaria.

Para o atraso térmico, que indica o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente, vê-se também uma disparidade entre os dois sistemas em alvenaria e a mini parede em LSF, que apresenta valor em torno de 4 horas. Isso significa que uma parede em LSF tem uma maior capacidade de amortecimento de picos de temperatura que ocorram em um ambiente e ser transferido para o ambiente oposto.

Cabe mencionar que a parte 3 da NBR 15220 (ABNT, 2005) informa características construtivas para cada zona bioclimática do Brasil. Para a zona bioclimática 8, por exemplo (grande parte do litoral brasileiro) a norma indica uma parede leve, refletora e com transmitância térmica menor ou igual a 3,6 W/m²K e atraso térmico menor ou igual a 4,3 horas, características encontradas na parede em LSF deste trabalho. Em observação à capacidade térmica, a parede em LSF com a configuração apresentada, apesar de anteder à zona 8 (não exige valor mínimo) não atende às zonas de 1 a 7 que devem possuir valores maiores ou igual a 130 KJ/m²K.

A Figura 5 mostra as temperaturas nas faces opostas ao calor para as 3 minis paredes em estudo. É possível observar o tempo transcorrido até iniciar alguma mudança de temperatura na face oposta para cada parede, sendo para composta de tijolos cerâmicos por volta de 22 min; de blocos de concreto, cerca de 30 min e para mini parede em LSF, por volta de 43 min e de forma mais nítida após 58 min.

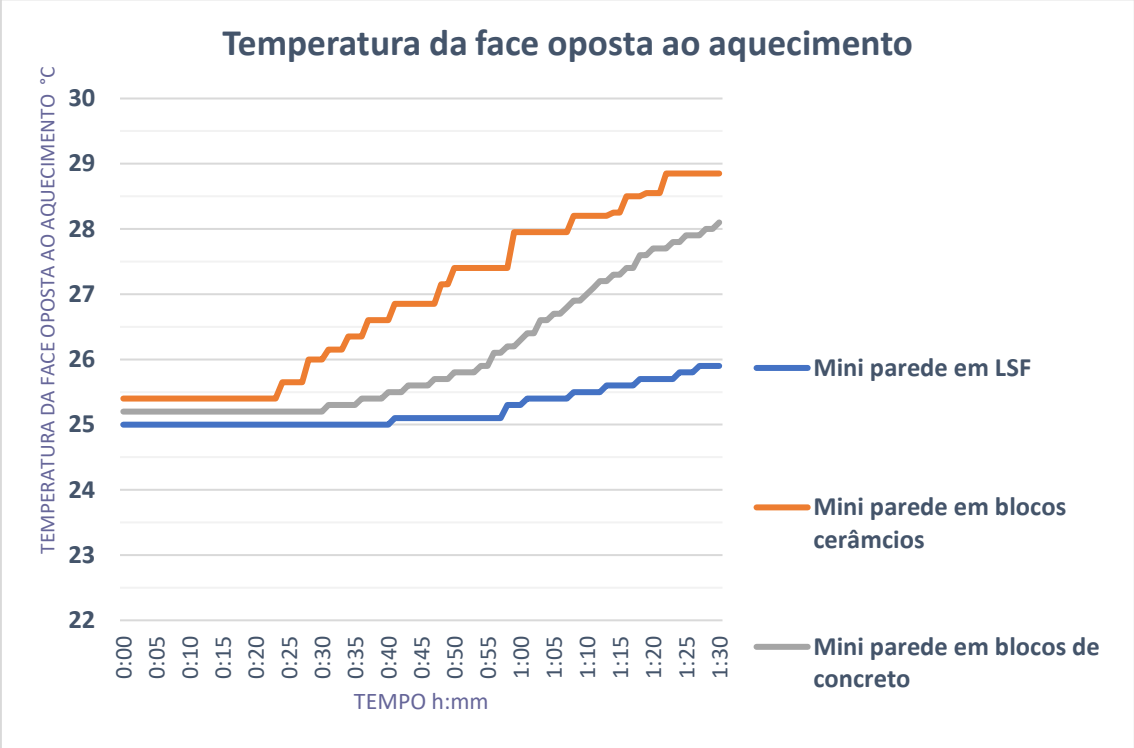


Figura 5 - Gráfico Temperatura (°C) x Tempo (min) do ensaio

Além disso, há uma diferença na aceleração desse crescimento da temperatura, sendo maior para mini parede em tijolos cerâmicos; isso pode ser explicado pelo valor menor de atraso térmico em relação a de blocos de concreto, que devido ao alto valor de capacidade térmica, exige um tempo maior para mudança de temperatura no decorrer do tempo quando comparada àquela de tijolos cerâmicos.

Utilizando a termografia infravermelha, pode-se notar como os resultados advindos da mesma estão correlacionados com os cálculos propostos pela NBR 15220 (ABNT, 2005). Além de estarem totalmente alusivos as variações de temperaturas catalogadas pelo datalogger. Em todos os termogramas há uma concentração de temperatura maior no centro, isso se deve ao fato de a lâmpada que irradia calor estar posicionada no centro da câmara térmica, como pode ser visto nas Figuras 6, 7 e 8.

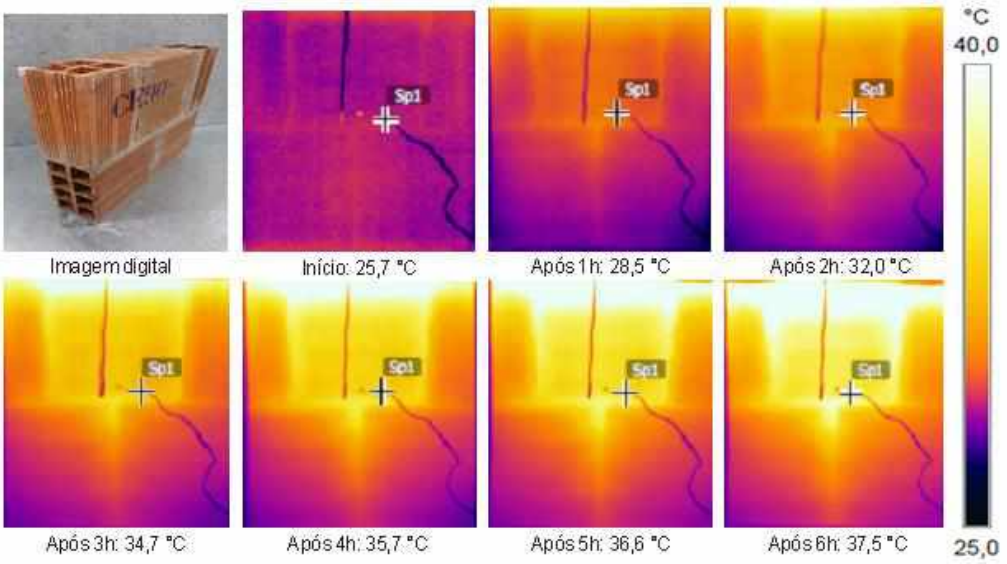


Figura 6 – Termograma da mini parede de tijolos cerâmicos

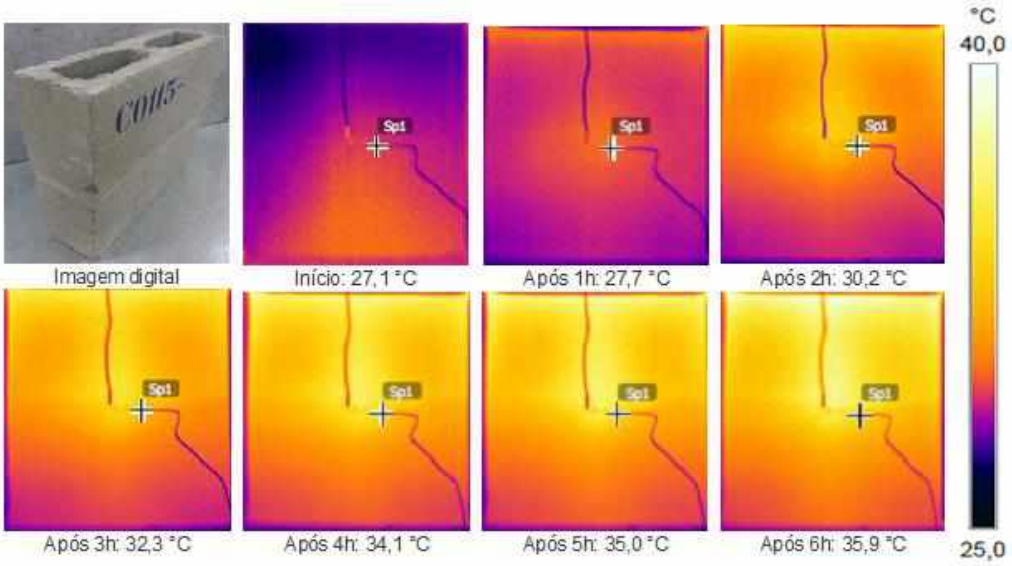


Figura 7 – Termograma das mini paredes em blocos de concreto

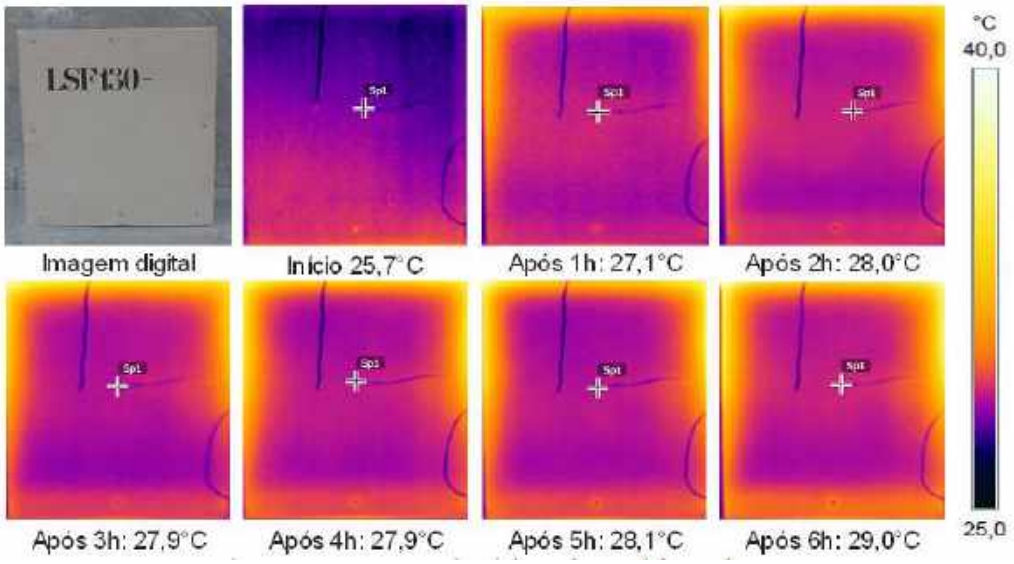


Figura 8 – Termograma da mini parede em Light Steel Frame

As imagens dos termogramas da mini parede de tijolos cerâmicos, de blocos de concretos e em Light Steel Frame apresentaram variação de temperatura de 11,8 °C, 8,8 °C e 3,3 °C, respectivamente. Os dois primeiros blocos apresentam uma variação de calor quase que linear, já o terceiro corpo-de-prova nas primeiras horas apresenta pouca variação, tendo interferência maior do ambiente do que da lâmpada infravermelha. A capacidade de resistir ao calor é tanta, que as imagens possuem pouca diferença entre si.

O bloco de concreto apresentou uma variação de temperatura um pouco menor do que o de tijolo cerâmico, como demonstra os termogramas e também os termopares. Mesmo esse valor discordando da Tabela 4, é ainda assim aceitável, pois os valores de resistência apresentados estão muito próximos entre si, e as diferenças de temperaturas apresentadas pelos termogramas não possuem grande variação.

## 5. CONCLUSÕES

Os cálculos da NBR 15220, mostram que a resistência térmica da parede de LSF é quase 5 vezes maior do que as outras duas. Isso advém não apenas por causa de sua espessura, mas principalmente pela seleção de materiais utilizados para constituir o Light Steel Frame, os quais, apresentam condutividade térmica abaixo dos constituintes do bloco de concreto e a parede tijolo cerâmico.

O gráfico das temperaturas da face oposta a fonte de calor, catalogado através do datalogger, indicou alto atraso térmico, por isso demorou para temperatura do lado ambiente começar a variar, e mesmo quando ocorreu a variação, se deu de maneira lenta, pois este também possui alta resistência a passagem de calor.

Por último pode-se ver como ocorre a passagem de calor, por meio dos termogramas que apresentam total concordância com os cálculos e as temperaturas apresentadas pelos termopares.

Para o Brasil, país Tropical, a qual a maior parte insere-se na zona bioclimática 8, ou seja, necessita de acomodações a qual limitem a passagem de calor proveniente do sol, seria interessante o uso do LSF pois este apresenta melhor desempenho térmico em relação as outras paredes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BATISTA, P. I. B. **Parâmetros de desempenho térmico de blocos de gesso.** 2019. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Universidade de Pernambuco, Recife. 2019.

BISPO, V. M. S.; FRÓIS, M. R. A aplicabilidade de gesso no processo de industrialização da construção civil. **ETIC – ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – ISSN 21-76-8498**, v. 13, n. 13, 2017.

BYRNE, A.; BYRNE, G.; ROBINSON, A. Compact facility for testing steady and transient thermal performance of building walls. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 602-614, 2017.

CARVALHO, M.; LANDELL, R.; GHILARDI, G. F.; AMICO, S. C. **Anais do 22° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2016.

DA SILVA, E.; DE MELO, A.; QUEIROGA, A. B. R. E. Desempenho térmico de vedações: estudo comparativo com blocos de EVA, tijolo cerâmico e gesso acartonado**. XII ENCAC–Encontro Nacional de conforto no Ambiente Construído e no VIII ELACAC–Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído**. Anais: Brasília, p. 25-27, 2013.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PEDROSO, Sharon Passini et al. Stell Frame na construção civil. **Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**. 2014, 14 f.

SANTOS, A.N. **Comportamento higrotérmico de paredes em gesso – avaliação da adequabilidade a zonas climáticas do Brasil**. 2017. Tese (doutorado em engenharia civil) – Escola de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

SANTOS, J. C. P; KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A., RIZATTI, E. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Revista Matéria**, v.20, n.4, 2015.

SILVA, E. P.; CAHINO, J. E. M; DE MELO, A. B. Avaliação do Desempenho Térmico de Blocos EVA. In: Encontro Nacional do Ambiente Construído, .14, Juiz de Fora, 2012. **Anais**... Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

SPECHT, L. P.; BORGES, P. A. P.; RUPP, R. F.; VARNIER, R. Análise da transferência de calor em paredes compostas por diferentes materiais. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 7-18, 2010.

SUMÁRIO MINERAL. Gipsita. **Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)**, p. 72-73, 2015.


## AGRADECIMENTOS


Agradecemos à Escola Politécnica de Pernambuco por todo o apoio dado no decorrer da pesquisa.