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 DE ENSAIO DE CHOQUE TÉRMICO EM ALVENARIA DE GESSO COM TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Gustavo Vasconcelos (1); Yêda Póvoas (2); Carlos Wellington Pires Sobrinho (3); Nuno Ramos (4)

(1) Acadêmico de Engenharia Civil, gtv@poli.br, Universidade de Pernambuco, (81) 99688-5255
(2) Doutora, Coordenadora do Departamento de Engenharia Civil, yeda.povoas@gmail.com, Universidade de Pernambuco, Rua Benfica 455 – Madalena, Recife/PE, (81) 31847566
(3) Mestre, Doutorando em Engenharia Civil, carlos@itep.br, ITEP, Av. Prof. Luiz Freire 700, Cidade Universitária CDU, (81) 99701-2715
(4) Doutor, Professor auxiliar, nuno.ramos@fe.up.pt, Universidade do Porto, 22 508 1770.

RESUMO

A modalidade construtiva de gesso atraiu a indústria da construção civil para a utilização de blocos de gesso tanto em vedações internas quanto externas, cada vez mais comuns principalmente no Nordeste do Brasil. Embora a sua utilização seja regulamentada pelas normas de blocos de gesso para vedação vertical NBR 16494 e NBR 16495, a falta de material técnico dificulta a aprovação dos usuários. Por isso, a norma de desempenho NBR 15575-4 tem como objetivo estabelecer critérios que garantam o bom funcionamento dos sistemas, a exemplo a durabilidade com o ensaio de choque térmico, que é o objetivo deste estudo. Esta pesquisa foi dividida em duas partes: a caracterização dos blocos de gesso conforme critérios da NBR 16494 através dos métodos de ensaio da NBR 16495 e a análise do comportamento de uma alvenaria, confeccionada nas dimensões 1,60m x 2,35m com blocos de gesso standard, durante o primeiro ciclo do ensaio de choque térmico. Foi composto por uma hora de exposição a uma temperatura de 80ºC e um resfriamento com jatos d'agua até a estabilização da temperatura. Para a análise comportamental utilizou-se a termografia infravermelha para registrar termogramas no início, meio e fim do aquecimento, como também no resfriamento conforme o aparecimento de manifestações patológicas. Com isso, embora sem degradações na alvenaria, foi possível verificar o surgimento de infiltrações e acompanhar seu progresso, visualizar a transferência de calor e a influência da umidade durante o aquecimento e resfriamento da alvenaria.
Palavras-chave: desempenho, vedações verticais, blocos de gesso, durabilidade, termografia.

ABSTRACT

The constructive modality of gypsum attracted the construction industry to the use of gypsum plaster blocks both in internal and external walls, increasingly common in the Northeast of Brazil. Although their use is regulated by the gypsum block standards for vertical seal NBR 16494 and NBR 16495, the lack of technical material makes it difficult for users to approve. Therefore, the performance standard NBR 15575-4 aims to establish criteria that ensure the proper functioning of the systems, such as durability with the thermal shock test, which is the purpose of this study. This research was divided in two parts: the characterization of the gypsum blocks according to the criteria of NBR 16494 through the test methods of NBR 16495 and the behavior analysis of a masonry, made in dimensions 1.60m x 2.35m with plaster blocks during the first cycle of the thermal shock test. The cycle consists of one hour of exposure to a temperature of 80ºC and a cooling with water jets until the temperature stabilization. To perform this analysis infrared thermography was used to record thermograms at the beginning, middle and end of the heating, as well as in the cooling according to the appearance of pathological manifestations. Thus, although without degradation in the masonry, it was possible to verify the appearance of infiltrations and monitor their progress, to visualize the heat transfer and the influence of humidity during the heating and cooling of the masonry.
Keywords: performance, verticals fences, gypsum blocks, durability, thermography.

1. INTRODUÇÃO

O grande desafio da construção civil é realizar uma obra de qualidade com menor custo e tempo para concluí-la. O gesso é um material cada vez mais utilizado em forros, revestimentos e, principalmente, alvenarias internas, por serem produtos de baixo custo e fácil instalação. Dessa forma, a indústria da construção civil tem aplicado alvenarias de bloco de gesso nas vedações externas ainda que o material normativo e regulamentar seja insuficiente, especialmente no Nordeste brasileiro (SANTOS, RAMOS & DELGADO, 2018). Isso é fortalecido pela abundante reserva natural de gipsita no polo gesseiro do Araripe (DNPM, 2015) e das vantagens dos produtos de gesso em comparação à alvenaria cerâmica tradicional (PIRES SOBRINHO *et al*, 2011).

A norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013) tem o objetivo de estabelecer requisitos mínimos para assegurar o bom funcionamento, do processo construtivo aos futuros usuários e trabalhadores de manutenção, mas a falta de material técnico sobre a utilização de gesso na construção civil é um obstáculo para a aprovação da classe consumidora, apesar do constante crescimento do mercado (BISPO & FRÓIS, 2017). No Brasil a utilização de blocos de gesso é permitida quando se cumpre as necessidades técnicas postas como referência pela NBR 16494 (ABNT, 2017) e NBR 16495 (ABNT, 2017), mas, para utilização em vedações internas e/ou externas, os sistemas devem cumprir com as exigências da NBR 15574-4 (ABNT, 2013) e serem ensaiados através de métodos que avaliem sua durabilidade por meio de ciclos de molhagem e secagem utilizando, a exemplo, o ensaio de choque térmico, com grande potencial para investigação dos materiais.

Em locais com condições climáticas desfavoráveis, alta precipitação e baixa exposição ao sol, utilizar alvenaria de gesso em fachadas pode resultar em uma baixa durabilidade (SANTOS, RAMOS & DELGADO, 2018). A umidade é um problema recorrente em fachadas de edifícios e no interior de residências e pode estar relacionada desde o aparecimento de manchas até uma desagregação do material (PEREIRA, DE BRITO & SILVESTRE, 2018).

Um método não destrutivo, fácil e eficaz de avaliar o surgimento de manifestações patológicas é a utilização de termografia infravermelha, especialmente em fachadas. Os possíveis defeitos na estrutura podem ser identificados por uma diferença de temperatura, representados em diferentes colorações nos termogramas (SILVA, VIÉGAS & PÓVOAS, 2016) e isso pode ser realçado quando na presença de umidade, influenciando diretamente na relação entre a temperatura e a qualidade das imagens obtidas (DOS SANTOS *et al*, 2018).

Neste estudo realizou-se uma análise do desempenho de blocos de gesso standard no ensaio de choque térmico avaliando com a termografia infravermelha a transferência de calor e as possíveis degradações e manifestações patológicas na alvenaria. Foi possível identificar infiltrações e acompanhar o seu progresso, visualizar a distribuição do calor na alvenaria comprovando a capacidade da termografia infravermelha e indicando-a como uma boa aliada na análise de durabilidade através do ensaio de choque térmico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento de uma alvenaria de blocos de gesso no ensaio de choque térmico e indicar a termografia infravermelha como uma potencial alternativa para contribuir com o estudo da durabilidade de alvenarias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa, dividiu-se o estudo em duas partes: caracterização dos blocos de gesso e análise do ensaio de choque térmico com a termografia infravermelha.

A caracterização é necessária para validar a utilização dos blocos de gesso em sistemas de vedações verticais conforme os requisitos estabelecidos pela NBR 16494 (ABNT,2017) e os métodos de ensaios conforme a NBR 16495 (ABNT, 2017).

O ensaio de choque térmico na alvenaria de bloco de gesso foi realizado de acordo com o anexo E da norma de desempenho NBR 15575-4 (ABNT, 2013) que consiste em 10 ciclos de exposição ao calor seguido pelo resfriamento por jatos de água. Nesse estudo foi avaliado apenas o primeiro ciclo, sendo o aquecimento e o resfriamento da alvenaria acompanhado por meio da termografia infravermelha.

3.1. Materiais

Os materiais utilizados foram blocos de gesso compactos de dimensões 666 mm x 500 mm x 100 mm do tipo standard. O gesso cola utilizado foi do tipo hidrófugo, comercialmente utilizado. A relação água/gesso foi a

recomendada pelo fabricante. A alvenaria foi construída em pórtico em perfil de aço com dimensões 1,60 m x 2,35 m.

3.2. Métodos

3.2.1. Caracterização dos blocos

Os blocos de gesso foram caracterizados quanto à densidade, à espessura, ao comprimento, à altura, à resistência à tração na flexão e à capacidade de absorção de água por imersão total conforme NBR 16495 (ABNT, 2017).

3.2.2. Choque térmico

O ensaio de choque térmico foi realizado conforme o anexo E da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) com a utilização de um painel eletrônico de resistências de 24 kW posicionado na face externa da alvenaria (Figura 1a). Foram instalados cinco termopares para controlar a temperatura da parede como requisitado na norma. Na face oposta, um deflectômetro foi colocado no centro da alvenaria fixado a um suporte metálico.

Após ligar o painel (Figura 1b), a temperatura aumentou gradativamente até se estabilizar em 80ºC. Após a estabilização, a alvenaria ficou exposta durante 60 minutos a esta temperatura (Figura 1c) e, em seguida à supressão do calor, foi resfriada com jatos d'água até a temperatura da superfície da face externa se estabilizar com a temperatura ambiente.

O sistema de resfriamento da face externa foi composto por um cano na parte superior do pórtico inserido em uma calha metálica para distribuir o resfriamento uniformemente na alvenaria (Figuras 4b e 4c).



(a) (b) (c)

Figura 1 - Painel eletrônico irradiando calor para a alvenaria: (a) equipamento para realização do ensaio; (b) painel de controle; (c) equipamento posicionado de frente a alvenaria durante ensaio;.

3.2.3. Termografia infravermelha

A análise com termografia infravermelha foi realizada com uma câmera FLIR E60 (Figura 2) de resolução 320 x 240 pixels e de precisão ±2ºC ou ±2% de leitura, a qual pode atuar em uma faixa de temperatura de -20ºC a 650ºC. Os termogramas foram capturados a uma distância de aproximadamente 5 metros da face oposta à incidência de calor e a 4 metros na face direta. Os parâmetros considerados foram 0,91 para emissividade do gesso (método da fita preta) e 29ºC para a temperatura reflectida (temperatura ambiente), seguindo o método de estudo realizado por Marinoski *et al* (2010).



Figura 2 – Câmera termográfica FLIR E60.
Fonte: www.flir.com.br

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização dos blocos

Os blocos são classificados como compactos de média densidade, com dimensões entre os limites estabelecidos e, principalmente, por possuir uma boa resistência à tração na flexão de aproximadamente o dobro da exigida na norma de blocos de gesso. A capacidade de absorção é um requisito para blocos hidrofugados (resistentes à água), mas os valores na faixa de 24 % comprovam a capacidade dos blocos standard absorverem água e, desse modo, indicam uma possível fragilidade quanto à durabilidade do material visto que a umidade é um problema para fachadas e alvenarias externas (PEREIRA, DE BRITO & SILVESTRE, 2018).

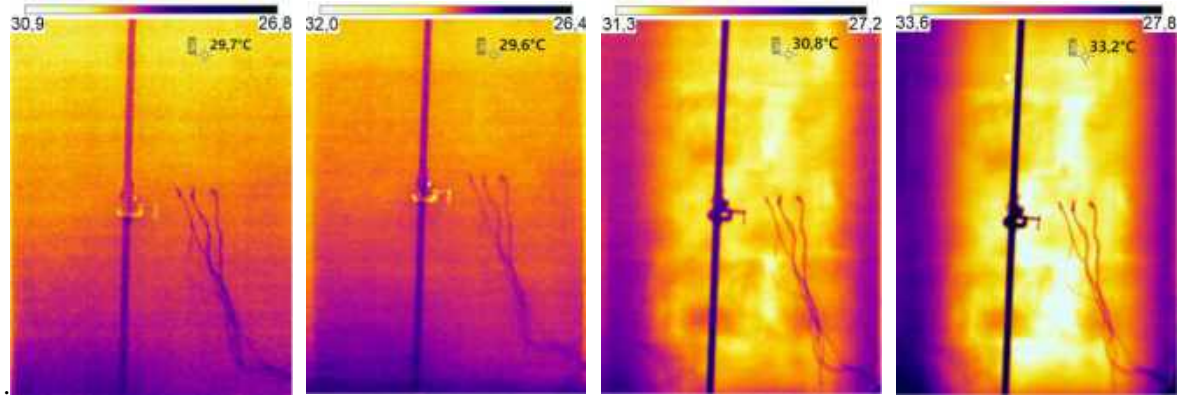
Tabela 1: Dados e requisitos da caracterização dos blocos de gesso standard

PROPRIEDADES	**RESULTADOS (Valor médio)**	**CRITÉRIOS DA NBR 16494 (ABNT, 2017)**
Densidade (Kg/m³)	1049,9	Alta densidade ≥ 1100
		800 ≤ Média densidade < 1100
		600 ≤ Baixa densidade < 800
Dimensões (cm)	666,7 x 500,6 x 100,1	666,0 ± 3,0 500,0 ± 2,0 100,0 ± 0,5
Resistência à tração na flexão (MPa)	2,90	≥ 1,5
Absorção de água por imersão total (%)	24,0	≤ 5% para blocos hidrófugos

4.2. Análise do choque térmico com termografia infravermelha

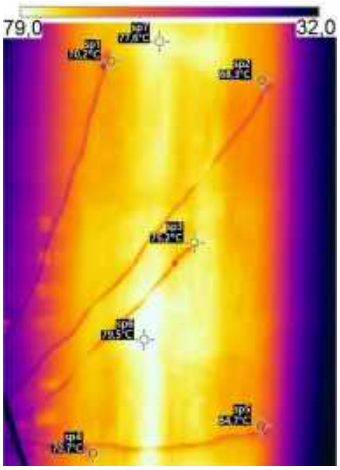
O painel eletrônico foi ligado às 15:13h e a temperatura da alvenaria se estabilizou em 80ºC após 20 minutos. A exposição ao calor manteve-se a essa temperatura até 16h33. Dessa forma, foi registrada a face interna da alvenaria (lado oposto à incidência do calor) em 15:13h (antes do aquecimento) (Figura 3a), 15:33h (no momento da estabilização) (Figura 3b), 16:03h (30 min após estabilização) (Figura 3c) e 16:33h (antes do desligamento do equipamento) (Figura 3d) em uma temperatura ambiente de 29ºC, umidade relativa de 51% e distância de 5 metros.

Após a supressão do calor foi registrada a face externa, exposta ao calor, da alvenaria (Figura 4a). Os pontos de análise do termograma retirado nesse momento, sp1, sp2, sp4 e sp5 localizados próximo aos sensores na face exposta ao calor mostraram que as temperatura nesses locais não estavam próximas a 80ºC, evidenciando uma deficiência da distribuição uniforme do calor devido ao não isolamento do protótipo em suas laterais. Enquanto que os pontos sp3, sp6 e sp7, localizados mais ao centro, se apresentaram em temperaturas bem mais próximas dos 80ºC. Logo em seguida, foram registrados termogramas após a liberação da água (Figura 4b) e durante a ação da água na alvenaria (Figura 4c). Esses termogramas foram tirados a uma distância de aproximadamente 4 metros.

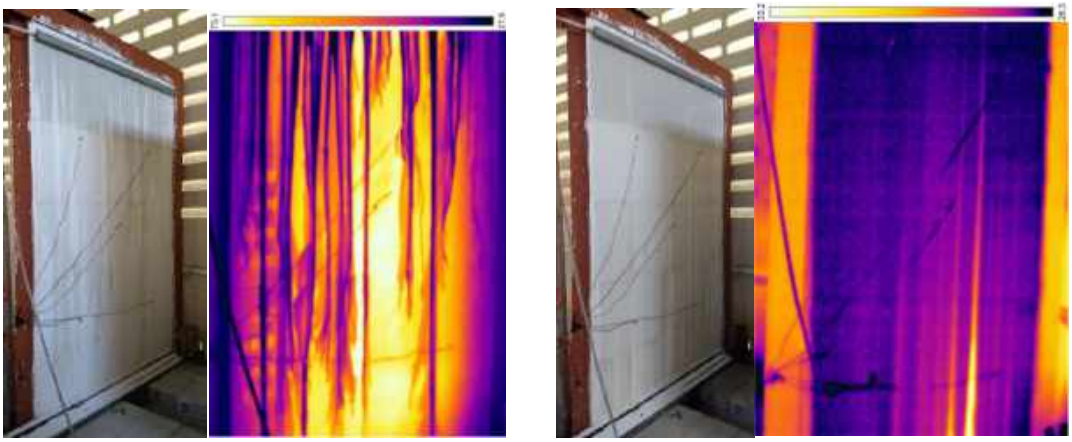


(a) (b) (c) (d)

Figura 3: Face interna da alvenaria em (a) 15:13h (antes do aquecimento), (b) 15:33h (no momento da estabilização), (c) 16:03h (30 min após estabilização) e (d) 16:33h (antes do desligamento do equipamento).



(a)



(b) (c)

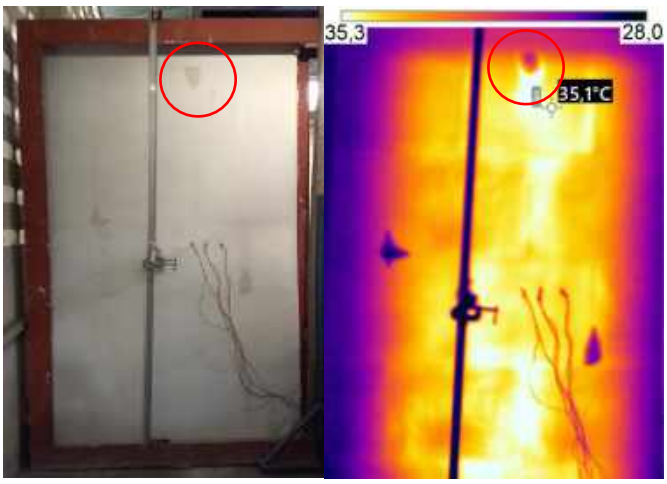
Figura 4: Face externa da alvenaria após a supressão do calor e ação da água: (a) após desligar o equipamento às 16h35min; (b) foto e termograma logo após abrir o registro do resfriamento às 16h36; (d-e) foto e termograma da face externa sob ação da água às 16h57min.

Durante o processo de resfriamento, acompanhou-se ambas as faces analisando as possíveis manifestações patológicas que surgissem na alvenaria. Apenas o primeiro ciclo não foi suficiente para causar fissuras na alvenaria, mas após aproximadamente nove minutos foi possível identificar infiltrações em dois pontos (Figura 5) o que se é esperado devido à suscetibilidade dos blocos standard absorverem água.

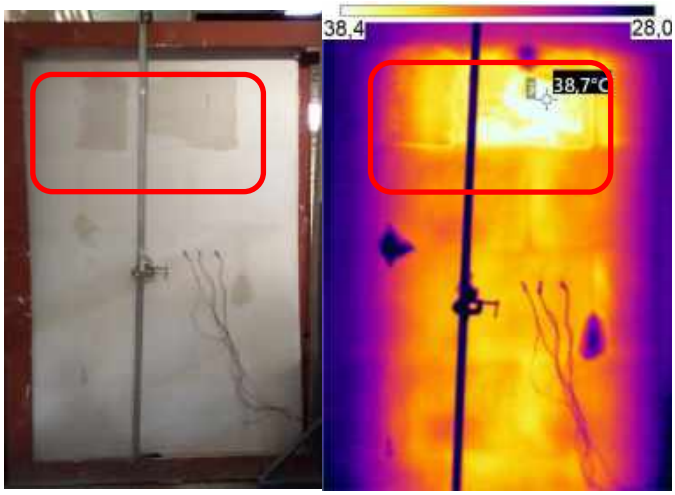
A ocorrência de infiltração foi bastante evidenciada durante o processo de resfriamento nos termogramas, tanto no aumento das manchas escuras (circuladas) das primeiras infiltrações, quanto no aparecimento de outras. A partir do instante da abertura do registro, foram tirados termogramas após 14 min (Figura 6a), 20 min (Figura 6b), 26 min (Figura 6c), 39 min (Figura 6d), 60 min (Figura 6e) e 73 min (Figura 6f).



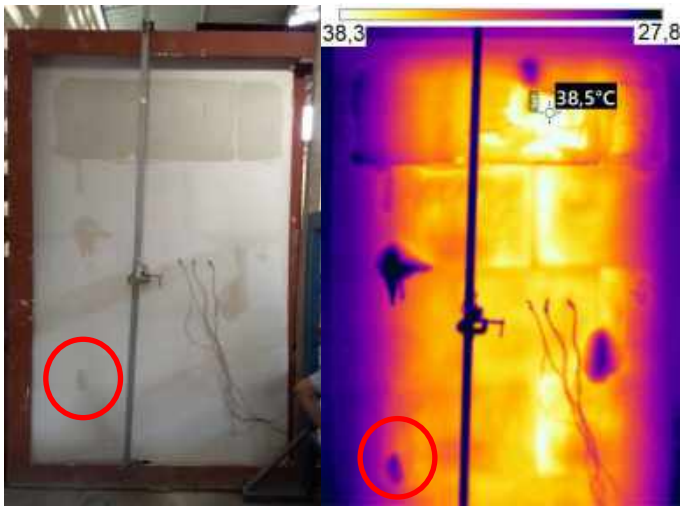
Figura 5: Face interna da alvenaria apresentando infiltrações às 16h46: (a) foto e (b) termograma.



(a)



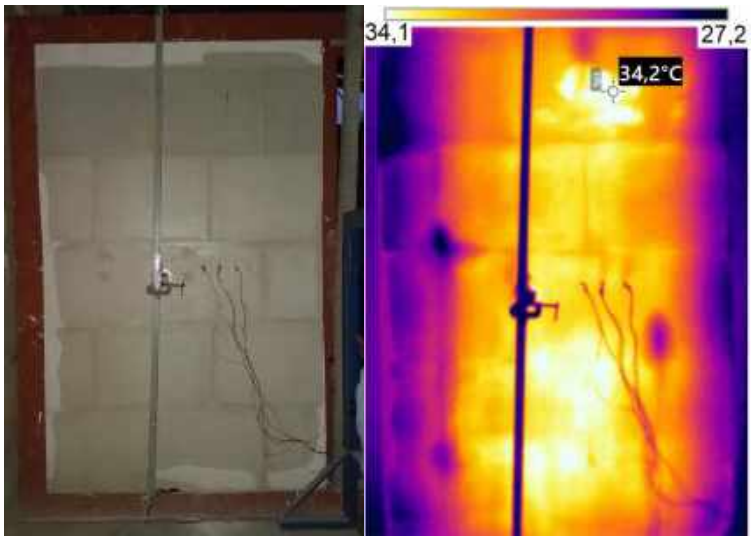
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

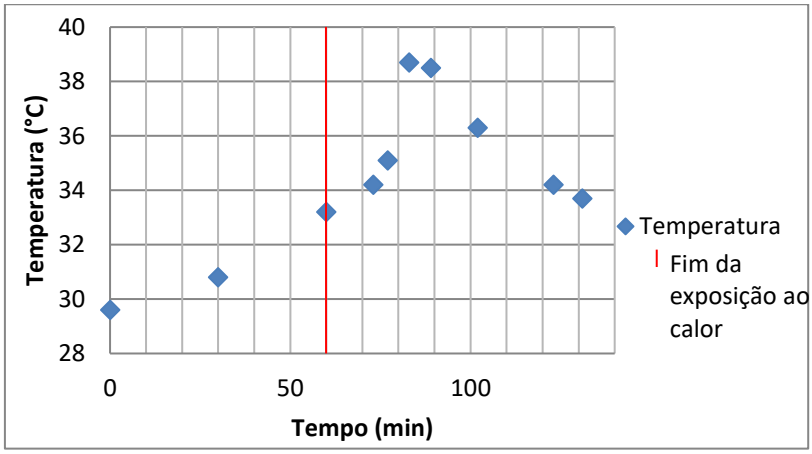
Figura 6: Face interna da alvenaria durante resfriamento nos instantes: (a) 16:50h, (b) 16:56h, (c) 17:02h, (d) 17:15h, (e) 17:36h e (f) 17:43h.

4.3. Transferência de calor

De acordo com os pontos de medição a partir da estabilização da temperatura, nos termogramas da Figura 3, observou-se que durante os 60 minutos de exposição ao calor, a face interna da alvenaria aumentou cerca de 3ºC. Além disso, é possível verificar que o calor é propagado principalmente através do gesso cola e mais intensamente no meio da alvenaria onde se possui uma menor influência da temperatura externa e, consequentemente, a temperatura se mantém elevada.

O acúmulo e a transferência de umidade em paredes externas influenciam diretamente no resfriamento ou aquecimento (KHOUKHI, 2018). Isso é possível verificar na fiada superior de blocos da alvenaria que, após a saturação, transmite mais facilmente o calor e apresenta-se em coloração mais clara no termograma (Figura 6b). Nos primeiros 30 minutos de resfriamento, como a temperatura da face externa certamente se mantém superior à face interna, a umidade contribui na passagem do calor de uma face para a outra que continua aquecendo por condução, mesmo após a supressão do calor e a aplicação do resfriamento com água (Gráfico 1) até o momento em que as duas faces entram em equilíbrio térmico e o calor passa a ser dissipado por ambos os lados.

Gráfico 1: Temperatura (°C) x Tempo (min) na face interna.



5. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foi possível identificar infiltrações na alvenaria e acompanhar a progressão delas, confirmando a eficiência desta técnica não destrutiva para avaliar esta manifestação. Embora sem a presença de fissuras ou degradações, os blocos de gesso standard se apresentaram bastantes suscetíveis à ação da água, e apenas com a continuidade do acompanhamento dos ciclos posteriores será possível avaliar a sua durabilidade e verificar a possibilidade de identificá-las através dos termogramas. Além disso, a ação da água corrente na face externa impossibilitou a leitura da temperatura nesta face com a câmera termográfica e somente foi possível visualizar alguns detalhes após o fechamento do registro.

O painel eletrônico de resistências não conseguiu distribuir uniformemente o calor na área de exposição e o calor se concentra principalmente ao centro da zona de aplicação. As bordas da área de exposição certamente possuem influência direta da temperatura ambiente a qual consequentemente reduz a ação do painel eletrônico. Também foi possível notar que o calor propaga-se mais facilmente através do gesso cola aplicado para unir os blocos. Durante o resfriamento com a ação da água a temperatura da face interna continuou aumentando, principalmente nos blocos da fiada superior, o que comprova que a umidade contribui para a transmissão de calor entre as faces da alvenaria.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 16494:** Bloco de gesso para vedação vertical – Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 16495:** Bloco de gesso para vedação vertical – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

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.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Sumário mineral. Gipsita. p. 72-73, 2015.

DOS SANTOS, C. F.; ROCHA, J. H. A.; BATISTA, P. I. B.; TAVARES, Y. V. P. Potencialidade da termografia infravermelha na detecção de infiltrações em edificações. In: 6ª conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios, **Anais**... 2018.
KHOUKHI, M. The combined effect of heat and moisture transfer dependent thermal conductivity of polystyrene insulation material: Impact on building energy performance. **Energy and Buildings**, v. 169, p. 228-235, 2018.
MARINOSKI, D. L.; SOUZA, G. T.; SANGOI, J. M.; LAMBERTS, R. Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, **Anais**... 2010.
PEREIRA, C.; DE BRITO, J.; SILVESTRE, J. D. Contribution of humidity to the degradation of façade claddings in current buildings. **Engineering Failure Analysis**, v. 90, p. 103-115, 2018.
PIRES SOBRINHO, C. W. A.; BEZERRA, N. M.; COSTA, T. C. T.; SILVA, C. B. A. "Divisórias internas de edifícios em alvenaria de blocos de gesso-vantagens técnicas, econômicas e ambientais." **Instituto de Tecnologia de Pernambuco** (2011).
SANTOS, A., RAMOS, N.M.M., MAIA, J. & DELGADO, J.M.P.Q. Hygrothermal performance of Brazilian gypsum walls. **Journal of Building Physics**, p. 1744259118779021, 2018.
SILVA, A. J.; VIÉGAS, D. J. A.; PÓVOAS, Y. V. O uso da termografia infravermelha para detecção de manifestações patológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à UPE pelo suporte financeiro e ao ITEP por ceder o espaço e equipamentos para a realização do ensaio.