ANÁLISE DE PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL ATRAVÉS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

J. MENEGON
Pesq. Eng.° Civil
LEME/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
menegonjulia@gmail.com

L. S. LORENZI
Prof. Eng.° Civil
NORIE/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
luciani.lorenzi@gmail.com

L. A. REGINATTO
Pesq. Eng.° Civil
LEME/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
lucas.reginato@ufrgs.br

A. LORENZI
Pesq. Eng.° Civil
LEME/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
alexandre.lorenzi@ufrgs.br

A. G. GRAEFF
Prof. Eng.° Civil
LEME/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
angel.graeff@gmail.com

L. C. P. SILVA FILHO
Prof. Eng.° Civil
LEME/UFRGS
Porto Alegre; Brasil
lcarlos66@gmail.com

RESUMO

A aplicação da termografia infravermelha se constitui em uma estratégia interessante para monitorar paredes não estruturais de alvenaria de blocos cerâmicos durante ensaio de resistência ao fogo. Neste trabalho apresenta-se uma solução alternativa para determinar o isolamento térmico e estanqueidade de parede de alvenaria durante uma simulação de incêndio através da análise termográfica em elementos de paredes de alvenaria de 900 mm x 800 mm (altura x largura). A técnica compreende em expor os elementos em um forno com temperatura controlada para simular uma situação de incêndio. Os resultados demonstram que a termografia infravermelha é capaz de proporcionar informação precisa e mais completa durante o ensaio, uma vez que permite o monitoramento da temperatura no elemento como um todo, e não somente em pontos localizado de leituras.
Palavras-chave: Alvenaria. Termografia. Resistência ao fogo.

ABSTRACT

Infrared thermography application is an interesting strategy to monitor nonstructural masonry walls during fire resistance tests. This work presents an alternative solution to determine the thermal isolation and watertightness of a masonry wall during a fire simulation. For this purpose, a thermographic analysis on masonry elements walls of 800 mm x 800 mm (height x width) was carried out. The elements were exposed to an special oven with controlled temperature to simulate a fire situation. The results demonstrate that infrared thermography is a useful test to provide accurate and complete information during the test. This technique allows to monitor the temperature in the whole element and not only in specific points as in standard procedures.
Keywords: Masonry. Termography. Fire resistance

1. INTRODUÇÃO

O sistema de construção em alvenaria estrutural avançou, primeiramente, pelo empilhamento de tijolos e paredes, de forma que as construções em alvenaria desempenhassem a aplicação principalmente como elementos de vedação. A maioria dos vãos possuía a característica de ter tijolos relativamente pequenos e as edificações tinham uma durabilidade muito curta. Com o desenvolvimento do método de construção em alvenaria, agregou-se o arco na estrutura, obtido por meio de arranjos das unidades, garantindo, assim, uma maior vida útil para as construções.

A alvenaria estrutural é conceituada por Villar (2005) como um sistema construtivo racionalizado, onde os elementos de vedação também desempenham a função estrutural. Sua composição se dá pela união de blocos (de cerâmica, concreto, ou sílico-calcáreos) com juntas horizontais e verticais de argamassa de assentamento, e após executado pode ou não receber aplicação de revestimentos. As características da argamassa exercem importância nos resultados de resistência à compressão do conjunto, porém o bloco estrutural tem principal importância nesta resistência. Problemas estruturais sérios podem ocorrer à uma edificação, caso a alvenaria não possua capacidade suporte necessária (LIMA, 2010).

Conforme Ramalho e Corrêa (2003), a utilização da alvenaria estrutural parte de uma concepção que é a de transformar a alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura, evitando a necessidade de pilares e vigas que dão suporte a uma estrutura convencional.

Utiliza-se este sistema construtivo (alvenaria estrutural) desde a antiguidade por quase todas as civilizações, sendo a principal técnica construtiva executada até o início do século XX, (VILLAR, 2005). Porém, devido o desenvolvimento de pesquisas com a utilização de aço e concreto armado nas construções, a alvenaria estrutural perdeu espaço, considerando que estes materiais permitiram a construção de estruturas mais esbeltas, mais leves e tecnicamente melhor compreendidas (RAZENTE, 2004). Entretanto as qualidades da alvenaria estrutural são diversas. Entre as quais, podemos citar a segurança, a proteção ao fogo, redução do tempo de execução, a racionalização estrutural, isolamento térmico e acústico, a subdivisão de espaços e a redução de camadas de revestimento. Tais qualidades fazem deste método algo muito atrativo para o mercado consumidor (BARBOSA 2004).

Todavia as paredes das edificações estão em risco constante de serem expostas a situações de incêndio e, nessas ocasiões, possuem papel fundamental na proteção e segurança dos usuários e da edificação. Diversas são as tipologias de blocos disponíveis atualmente no mercado, podendo os mesmos variar em dimensão, geometria, material, resistência à compressão, etc.

Sabe-se que o entendimento do funcionamento e comportamento dos sistemas construtivos em situações extremas é de suma importância para o aperfeiçoamento das normas e regulamentações que norteiam, não só o trabalho dos responsáveis técnicos, como também de bombeiros e órgãos fiscalizadores. Por isso, cada vez mais torna-se imprescindível a intensificação de estudos e pesquisas acerca desse tema, para que, a partir de então, possamos projetar estruturas que se mantenham íntegras e garantam a segurança de seus usuários.

Nesse sentido, este estudo visa compreender a diferença de propagação de calor na face não exposta de paredes de alvenaria estrutural construídas com diferentes tipos de blocos ao serem expostas a altas temperaturas. O presente

Para possibilitar a realização desta análise, utilizou-se a técnica de termografia infravermelha (TI), objetivando a detecção da faixa espectral infravermelha emitida pelas amostras. A TI é um ensaio não destrutivo (END) que, por meio de dispositivos de captação de imagens térmicas, permite a análise de informações da distribuição de calor em superfícies sem necessidade de contato com as mesmas. Essas características auxiliam na analise das diferenças entre blocos cerâmicos frente à ação de altas temperaturas..

2. MATERIAIS E MÉTODOS

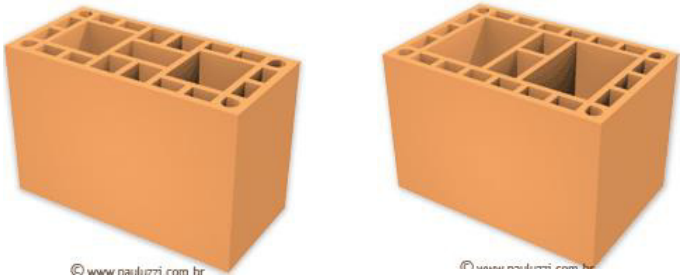
Segundo a NBR 5628 (ABNT, 2001), ensaios de resistência ao fogo em paredes devem ser realizados em amostras de tamanho representativo. Para realização deste estudo, no entanto, foram utilizadas paredes de dimensões reduzidas (miniparedes) com 90 cm de altura por 80 cm de comprimento, devido às restrições dos equipamentos disponíveis em laboratório. A construção das amostras foi realizada por profissional qualificado, afim de manter o padrão de qualidade necessário. A configuração final pode ser vista na Figura 1.

Figura 1: Exemplo de miniparedes ensaiadas.



As miniparedes ensaiadas foram construídas com dois tipos de unidades diferentes. O primeiro, identificado como Bloco B1, trata-se de um bloco cerâmico com dimensões 14 x 19 x 29 cm (L x H x C) e paredes vazadas, o que lhe confere uma resistência à compressão de, ao menos, 7MPa. O segundo bloco, chamado de Bloco B2, também cerâmico, possui a mesma resistência à compressão do anterior, porém, sua espessura é superior, medindo 19 x 19 x 29 cm (L x H x C). Suas paredes, assim como as do bloco B1, são dotadas de cavidades verticais. Ambas as unidades utilizadas no presente estudo estão ilustradas na Figura 2.

Figura 2: Blocos utilizados para confecção das amostras. (a) Bloco B1. (b) Bloco B2.



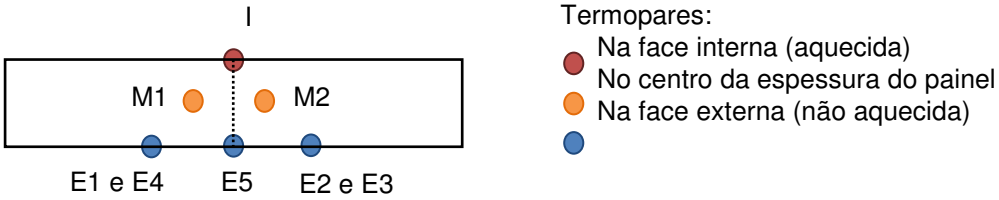
(a) (b)

Fonte: PAULUZI, 2017

As amostras foram construídas utilizando uma argamassa industrializada de resistência à compressão aos 28 dias em torno de 4 MPa, com juntas de espessura 10mm, e não foram revestidas em nenhuma das suas faces. Após período de cura de cerca de 60 dias, as miniparedes foram acopladas a um forno de resistências elétricas e submetidas a uma elevação de temperatura similar à curva padrão descrita pela norma internacional ISO 934 (1999) até atingir a temperatura de aproximadamente 900ºC. Depois de

atingida tal temperatura, manteve-se o aquecimento e o monitoramento das amostras durante o período de 4 horas.
Após a preparação da parede para ensaio, termopares foram posicionados e fixados nas superfícies interna e externa e nas perfurações realizadas até as profundidades médias do painel (em dois pontos). O posicionamento dos termopares pode ser observado nas Figura 3, sendo respectivamente o posicionamento dos termopares ao longo da espessura do painel e na face do mesmo.

Figura 3 – Vista superior, em corte, com o posicionamento dos termopares ao longo da espessura do painel.



Previamente à realização do ensaio, aplicou-se um carregamento vertical de aproximadamente 90kN nas amostras, que foi mantido durante a exposição, a fim de simular as ações de serviço às quais uma alvenaria com função estrutural seria submetida, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Esquema de ensaio utilizado



3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A TI está baseada no princípio de que anomalias embaixo da superfície em um material afetam o fluxo de calor que passa por aquele material. Através dessas mudanças no fluxo de calor, localizam-se diferenças na temperatura da superfície. Medindo essa temperatura em certas condições de fluxo de calor, pode-se determinar a localização das anomalias. Sistemas termógrafos infravermelhos são usados para medir a intensidade de calor emitida por um material submetido a uma pulsação de calor. Uma área de defeito tem condutividade térmica diferente e se revela como uma área resfriada ou com manchas quentes (LORENZI et al., 2016).

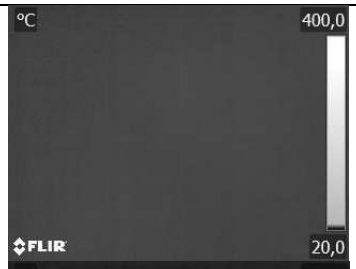
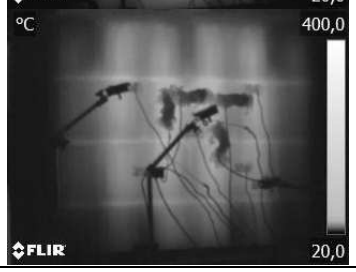
Medindo essa temperatura em certas condições de fluxo de calor, pode-se determinar a localização das anomalias, todavia os resultados da termografia são apresentados em formas de termogramas. Os termogramas são gerados pelos termógrafos infravermelhos, usados para medir a intensidade de calor emitida por um material submetido a uma pulsação de calor. Uma área de defeito tem condutividade térmica diferente e se revela como uma área resfriada ou com manchas quentes (BAUER et al., 2014). A termografia é utilizada em estruturas de concreto para detectar defeitos, que têm condutividade térmica mais baixa do que o concreto (VAN LEEUWEN et al., 2011)

O monitoramento foi realizado com o auxílio de uma câmera termográfica FLIR T440. As comparações foram feitas para períodos progressivos de tempo, a fim de visualizar a evolução do aquecimento na face não exposta.

4. RESULTADOS

Durante o ensaio, foi realizado monitoramento contínuo da temperatura na face externa das amostras. Para facilitar a comparação, no entanto, foram selecionadas imagens captadas em determinados instantes do ensaio. Os resultados da termografia infravermelha nos tempos iniciais do ensaio estão apresentados na Tabela 1, para ambos os tipos de blocos. São apresentadas capturas no tempo zero, aos 15 minutos e aos 45 minutos. Portanto, estas imagens representam o momento de aquecimento das amostras.

Tabela 1: Termografia para os tempos de 0, 15 e 45 minutos.

	0 min	15 min	45 min
Bolo 1			
Bloco 2			

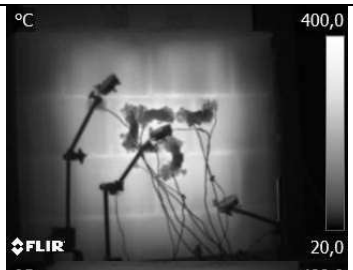
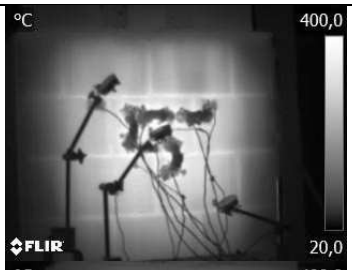
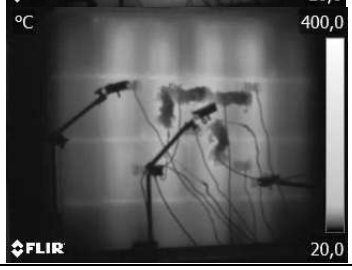
Salienta-se que as regiões mais claras das imagens representam as zonas de maior temperatura das amostras. É possível notar que as maiores temperaturas são observadas nas juntas argamassadas da alvenaria.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados para os tempos finais do ensaio: 1, 2 e 4 horas. Nesse período o forno e, consequentemente, o lado exposto das miniparedes já atingiram a temperatura máxima do ensaio. Na face externa, o aumento de temperatura ocorre devido às transmissões de calor ao longo da espessura da amostra.

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar que, na fase de aquecimento das miniparedes, as amostras construídas com os dois tipos de blocos apresentaram comportamentos distintos, ao analisar-se a face não exposta da mesma. A miniparede confeccionada com o bloco 1 apresentou um aquecimento mais acentuado nos tempos iniciais (Tabela 1), se comparado ao Bloco 2, indicando maior transmissão de calor entre as faces interna e externa da amostra. Tal comportamento pode

ser explicado pelo fato de que a alvenaria composta pelo bloco 2 possui maior espessura, o que retardaria a passagem de calor para o meio externo.

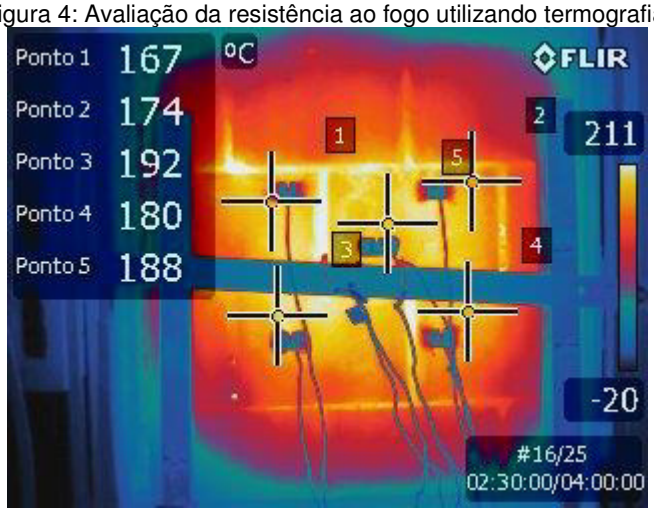
Tabela 2: Termografia para os tempos de 1, 2 e 4 horas.

	1 hora	2 horas	4 horas
Bolo 1			
Bloco 2			

Todavia, quando se analisa a temperatura das miniparedes na face não exposta após o tempo de aquecimento (Tabela 2), observa-se que os dois tipos de blocos apresentaram comportamento semelhantes em relação a elevação da temperatura na face não exposta da mini parede.

A TI também pode ser utilizada para avaliação dos requisitos de resistência e estanqueidade ao fogo. Existem normas regulamentadoras nacionais e estrangeiras para a realização de ensaios para determinação da resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural. No Brasil, tal ensaio é normatizado pela norma NBR 5628 (ABNT, 2001), que apresenta grande similaridade com as normas estrangeiras ASTM E 119 (ASTM, 2008) e ISO 834 (ISO, 1999). A Figura 4 ilustra o acompanhamento da temperatura na face não exposta. Os resultados da termografia foram compatíveis com os dados de temperatura registrado pelos termopares, indicando desta forma que essa técnica também pode ser utilizada para a avalição quanto os requisitos determinados pela NBR 5628 (ABNT, 2001).

Figura 4: Avaliação da resistência ao fogo utilizando termografia.



5. CONCLUSÕES

Este estudo reforça a idéia de que a utilização de TI é uma ferramenta útil para a análise de alvenaria estrutural submetida a altas temperaturas. Seu emprego permite obter indicações importantes para a caracterização das alvenarias quando.

Utilizando a termografia como ferramenta de análise de blocos cerâmicos frente a ação de altas temperaturas, constata-se que está técnica auxilia na verificação do comportamento de sistema de alvenarias estruturais. Nesse estudo de caso, aonde analisou-se dois tipos de blocos, pode-se concluir que o Bloco 1 apresentou um aquecimento mais acentuado nos tempos inicias se compadrado com o Bloco 2, entretanto após a fase de aquecimento os dois tipos de blocos apresentaram comportamento semelhantes.

Desta forma conclui-se que existe uma diferença entre os blocos principalmente na fase inicial do aquecimento da mini parede, indicando que paredes mais espessas proporcionam maior isolamento térmico para o ambiente.

6. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **ASTM E119:** Standard methods for fire tests of building construction and materials. Philadelphia, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5628:** Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001.

BARBOSA, C. S. **Resistência e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlações com as propriedades mecânicas do material constituinte.** 2004. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BAUER, E. ; CASTRO, E. K.; OLIVEIRA FILHO, A. H.; PAVÓN, E.; **Critérios para aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios**. In: 1° Encontro Luso-Basileiro de degradalção em estruturas de concreto armado. Salvador. 2014.

ISO, ISO 834-8:2002. **Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 8: Specific requirements for non-loadbearing vertical separating elements**.

LIMA, Alexandre Nascimento de. **Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos.** 2010. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia. Maceió, 2010.

LORENZI, A; REGINATO, L.A; CAMPAGNOLO, J.L.; SILVA FILHO, L.C.P.; **Viabilidade da utilização de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto**. In: 11° Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas. São Leopoldo. 2016.

PAULUZZI. **Produtos.** Disponível em:<http://www.pauluzzi.com.br/produtos.php. Acesso em: dezembro, 2017.

RAMALHO, M. A. e CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

VAN LEEUWEN, J; NAHANT, M; PAEZ, S. **Study of Pulsed Phase Thermography for the Detection of Honeycombing Defects in Concrete Structures**. e-Journal of Nondestructive Testing, In: NDT&E of Composite Materials, 2011.

VILLAR, F. H. R. **Alternativas de sistemas construtivos para condomínios residenciais horizontais - estudo de caso**. São Carlos, 2005. 139 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.