



AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO, EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO, DE PRISMAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO, REVESTIDOS DE ARGAMASSA A BASE DE VERMICULITA

Palavras-Chave: ANÁLISE EXPERIMENTAL, ALVENARIA ESTRUTURAL, SITUAÇÃO DE INCÊNDIO, ISOLAMENTO TÉRMICO

Autores:

ISABELLA BACCI CAVALEIRO DE CAMPOS, UNICAMP

Prof. Dr. ARMANDO LOPES MORENO JÚNIOR (orientador) UNICAMP

Eng. Me. CLEBER EDUARDO FERNANDES LEAL (coorientador) UNICAMP

INTRODUÇÃO:

No Brasil, diversos tipos de modelos construtivos possuem normas específicas voltadas ao dimensionamento sob ação do fogo, o que não acontece para a alvenaria estrutural. Todavia, existe a previsão de uma futura Parte IV, dedicada ao tema, na norma brasileira de alvenaria estrutural (ABNT NBR 16868-1:2020). Para que procedimentos seguros de verificação sob incêndio sejam estabelecidos, torna-se necessário conhecer a fundo o comportamento e as propriedades térmicas/mecânicas dos componentes da alvenaria estrutural nacional.

O estudo desse sistema construtivo sob situação de incêndio ainda é incipiente no âmbito nacional e mesmo internacional. Pouco se sabe sobre as propriedades térmicas e mecânicas dos componentes da alvenaria quando expostos a altas temperaturas (LEITE, MORENO JÚNIOR e TORRES, 2016). Segundo Hennemann et. al. (2017), essa escassez muito se deve à complexidade que remete às diversas combinações de blocos, geometrias e texturas possíveis nas construções em alvenaria.

Os prismas, componentes da alvenaria estrutural, são tomados como referência por normas ao redor do mundo, inclusive no Brasil, quando se deseja estimar a resistência de paredes. Estes, estão para a alvenaria estrutural, assim como o corpo de prova cilíndrico está para o concreto. Além disso, quando comparados aos ensaios de paredes em escala real, os testes em prismas demandam menor tempo, custo e instrumentação necessária (PARSEKIAN; MEDEIROS e SIPP, 2018).

Este trabalho, vinculado ao Grupo de Pesquisa MATS - Materiais e Tecnologias Sustentáveis, aborda o “Desempenho e durabilidade de materiais cimentícios expostos a altas temperaturas”. Para este projeto, especificamente, foram avaliados os comportamentos de prismas com dois blocos de concreto, sem revestimento, chapiscados e revestidos com argamassa industrializada e ensacada de vermiculita, variando espessura do revestimento (1 e 2cm). O aquecimento dos prismas seguiu a curva ISO 834- 1:1999 (figura 1), também

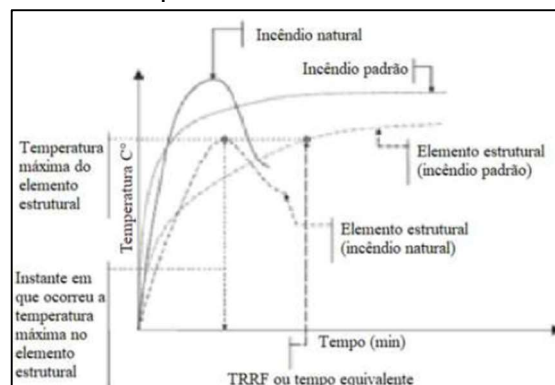


Figura 1 – Representação da curva de incêndio padrão - Rigão, 2012.

conhecida por “curva de incêndio padrão”, uma das mais comumente utilizadas pelas referências internacionais, além de estar presente nas seguintes normas nacionais: ABNT NBR 5628:2022, ABNT NBR 6479:2022 e ABNT NBR 10636-1:2022. A determinação da isolamento térmica correspondeu a uma adaptação das normas ANBT NBT NBR 16965:2021 e ABNT NBR NBR10636-1:2022. Ao final, os resultados foram comparados com valores calculados com base em normas internacionais vigentes (EUROCODE 6-EN 1996-1-2:2005 e ACI/TMS 216.1-14).

MATERIAIS E METODOLOGIA:

- **Blocos de concreto:** Classe C pela ABNT NBR 6136:2016, com resistência de 4 MPa e dimensões de 14x39x19cm (largura: comprimento: altura).
- **Argamassa de assentamento:** Tipo convencional, com cimento de assentamento CP II F 32, cal hidratada tipo CHIII e areia com Dimensão Máxima Característica (DMC) e Módulo de Finura (MF) iguais a 1,18 e 1,74. Traço de cimento, cal hidratada, areia e relação água/cimento igual a 1:1,1:6,5:1,6.
- **Argamassa de chapisco:** Constituído por areia de cava grossa com DMC e MF iguais a 4,75 e 2,09 e mesmo cimento da argamassa de assentamento. Traço de cimento, areia grossa e relação água/cimento igual a 1:4,57:1,25.
- **Argamassa de revestimento:** Argamassa industrializada composta por: mistura de cimentos (CP II E 40 ou CPIII E 40 e CPV ARI); aditivo retentor de água à base de éter de celulose; superplastificante à base de policarboxilato e modificador de viscosidade à base de silicatos; Areia quartzosa de cava com distribuição granulométrica de 60 a 80; vermiculita superfina e micro; microfibras de polipropileno. Traço de mistura pronta, água e relação água/matérias secas é igual a 1,5:5,25:0,35.

A primeira etapa da pesquisa correspondeu à revisão de literatura. Foram realizadas buscas em artigos científicos, teses, dissertações e normatizações do tema proposto, informações relevantes e necessárias para compreender a motivação, os procedimentos e as futuras análises desempenhados nesta pesquisa.

A segunda parte da pesquisa corresponde ao programa experimental e encontra-se em andamento no presente momento de redação deste artigo. A Tabela 1 apresenta as combinações de prismas moldados, revestidas e que estão tendo sua isolamento térmica testada.

Tabela 1: Combinações de prismas para análise da isolamento térmica.

Combinação	Prismas Moldados (unidade)
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – sem revestimento	3
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 1 cm SEM CHAPISCO	3
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 2 cm SEM CHAPISCO	3
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 1 cm + CHAPISCO	3

Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 Mpa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 2 cm +CHAPISCO	3
---	---

O programa experimental teve início com o assentamento dos prismas. Durante o processo, a consistência (ABNT NBR 13276:2016) da argamassa e o tempo máximo de utilização (40 min) após a mistura foram controlados a fim de evitar alterações significativas em suas propriedades no estado endurecido.

Em seguida, os prismas previstos para receber a camada de chapisco foram chapiscados. Por fim, o emboço único nas espessuras de 1cm e 2 cm foi executado com a argamassa de vermiculita (figura 2). Para facilitar a aplicação do emboço e garantir a precisão na espessura, gabaritos em madeira foram moldados. Durante o revestimento, a argamassa de vermiculita também teve sua consistência controlada conforme a ABNT NBR 13276:2016.

Depois das combinações de modelos prontas, iniciamos os ensaios de isolamento. O ensaio seguiu as seguintes etapas:



Figura 2 – Aplicação de argamassa com vermiculita.

- 1- Aplicação dos termopares no prisma, a fim de avaliar-se a temperatura dentro do forno (F), na face quente (1) e (4), entre o revestimento e o bloco (2) e na face fria (3), (6) e (5), como representado abaixo:

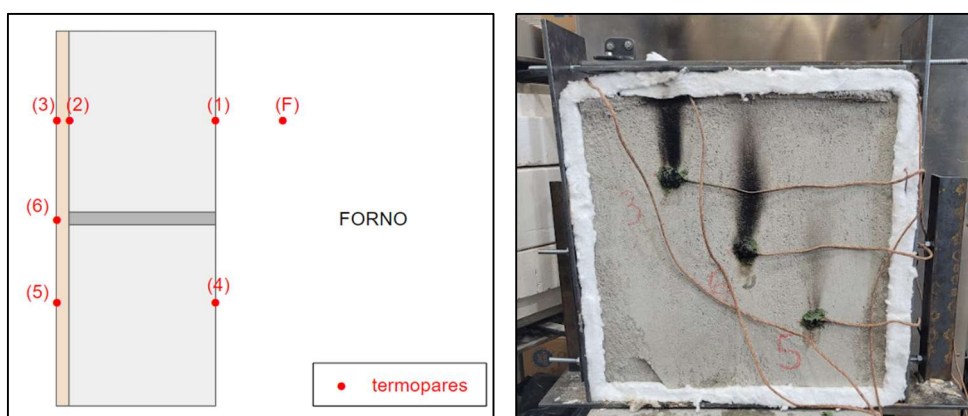


Figura 3 e 4 – A esquerda a representação esquemática da lateral do prisma, a direita foto da face fria do prisma durante o ensaio, ambos com a numeração dos termopares.

- 2- Posicionamento no forno e aquecimento seguindo a curva padrão ISO 834-1.
- 3- Avaliação do isolamento térmico pelo tempo (em minutos) em que a média de pontos da face fria (termopares 3, 6 e 5) leva para atingir 140°C (+ temperatura ambiente) ou tempo em que um ponto isolado na mesma face atinge 180°C (+ temperatura ambiente).
- 4- Avaliação da estanqueidade, com a observação da ocorrência de fissuras na superfície fria da amostra, durante o aquecimento.

Durante as faces transversais, superior e inferior dos prismas foram protegidas por manta de lã cerâmica para que apenas a face de interesse fosse aquecida. Os termopares foram posicionados com o auxílio de uma argamassa refratária, a qual ao ser aquecida se torna endurecida e sustenta o posicionamento no local. Também foi utilizado um suporte metálico (Figura 5) para facilitar o posicionamento frente ao forno e posicionar a manta térmica ao redor do prisma. Além dos termopares, também foi utilizada uma câmera térmica para verificação da temperatura na face quente e

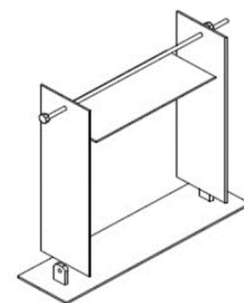


Figura 5 – Representação suporte metálico utilizado nos ensaios.

avaliação de possíveis vazamentos de ar quente por eventuais frestas ao longo do perímetro da amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Até o momento foram realizados um ensaio para cada modelo com revestimento (Tabela 1). Pretende-se concluir 3 ensaios por combinação até a entrega final dessa pesquisa. Tal atraso deveu-se a dificuldade de adaptação desse ensaio inédito no laboratório de estruturas da FECFAU.

Para comparação com os resultados de TRF (Tempo de Resistência ao Fogo) obtidos na prática foram avaliados seus possíveis valores teóricos segundo as normatizações internacionais. Não foi possível estipular valores teóricos a partir da EUROCODE 6-EN 1996-1-2:2005, visto que este utiliza paredes inteiras como base e não apenas prismas. Já segundo a ACI/TMS 216.1-14 foi possível calcular os valores de TRF teóricos a partir das propriedades dos materiais adotados e das espessuras equivalentes dos blocos criteriosamente medidos.

Tabela 2: Resultados práticos e teóricos de TRF.

Combinação	TRF teórico ACI	TRF prático
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 1 cm SEM CHAPISCO	69,3 min	71 min
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 2 cm SEM CHAPISCO	96,9 min	145 min
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 1 cm + CHAPISCO	76,8 min	92 min
Bloco 14x39 – resistência nominal a compressão 4MPa - argamassa assentamento 5 MPa convencional – sem graute – revestimento arg. Ind. c/ VERMICULITA 2 cm +CHAPISCO	106,3 min	129 min

CONCLUSÕES:

Assim, segundo os resultados atuais pode-se concluir que os valores experimentais de isolamento térmica se mostram relativamente próximos com os teóricos calculados segundo a ACI/TMS 216.1-14. Certa diferença nos valores de TRF práticos já era esperado e pode ser justificado pelas espessuras reais dos revestimentos moldados ou por conta das previsões de ACI para maiores espessuras possuírem maior cautela em relação a segurança. Desse modo, pretende-se confirmar com os ensaios posteriores que a metodologia desenvolvida mostra-se eficiente e pode para ser utilizada como base em futuros estudos.

BIBLIOGRAFIA

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628: Componentes construtivos estruturais - Ensaio de resistência ao fogo.** Rio de Janeiro, 2022. 65p.

_____. NBR 6136: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2016. 10p.15

_____. NBR 6479: **Portas e vedadores - Ensaio de resistência ao fogo.** Rio de Janeiro, 2022. 77p.

_____. NBR 10636-1: **Componentes construtivos não estruturais - Ensaio de resistência ao fogo – Parte 1: Paredes e divisórias de compartimentação**. Rio de Janeiro, 2022. 46p.

_____. NBR 12118: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2014. 14p.

_____. NBR 14432: **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2001. 14p.

_____. NBR 16868-1: **Alvenaria estrutural – Parte 1 – Projeto**. Rio de Janeiro, 2020. 70p.

_____. NBR 16965: **Ensaio de resistência ao fogo de elementos construtivos - Diretrizes gerais**. Rio de Janeiro, 2021. 47p.

ACI, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE; TMS, THE MASONRY SOCIETY. **ACI/TMS 216.1-14: Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies**. Farmington Hills, 2014.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1996-1-2: Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design**. [S.I.]. 2005b. 83p.

ISO, INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 834-1: Fire resistance tests - elements of building construction - Part 1: General requirements**. Geneva, 1999. 25p.

LEITE, H. A. L.; MORENO JÚNIOR, A.; TORRES, D. L. Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: contribuição à futura normatização nacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2., p. 89-107, abr./jun. 2016.

PARSEKIAN, G.A.; MEDEIROS, W.A.; SIPP, G. High-rise concrete and clay block masonry building in Brazil. **Mauerwerk**, v. 22, n. 4, p. 260-272, 2018.

POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, C. D. B. **Instrução Técnica No. 08/2019: Segurança estrutural contra incêndio**. São Paulo: Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública, 2019.

ROSEMANN, F. **Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico**. 2011. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

HENNEMANN, G. G.; GIL, A. M.; FERNANDES, B.; BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação teórico experimental da influência da espessura de alvenaria na resistência 16 ao fogo de sistemas verticais de vedação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 183-195, out./dez. 2017.

SOUZA, R. P. **Avaliação da influência da espessura do revestimento argamassado e do carregamento no comportamento da alvenaria frente a altas temperaturas**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos São Leopoldo, 2017.

LEAL, D. F. **Análise experimental e numérica sobre alvenaria estrutural de blocos de concreto, com e sem revestimento, em situação de incêndio**. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

BUENO, G. M. **Avaliação da resistência ao fogo de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos com instalações prediais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019.

RIGÃO, A. O. **Comportamento de pequenas paredes de alvenaria estrutural frente a altas temperaturas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BOTTIN, G.; PRAGER, G.; GIL, A. M.; TUTIKIAN, B. F.; BOLINA, F. L. **Estruturas de alvenaria em situação de incêndio: avaliação experimental em escala real da influência da geometria dos blocos cerâmicos no desempenho estrutural às altas temperaturas**. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, n° 10, 2018, Rio de Janeiro.