COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Nº 178673

Um estudo experimental e numérico do efeito do calor e do choque térmico em um sistema de parede de concreto

Guilherme Akyo Cremonesi
Fabiana da Rocha Cleto
Luciana Alves de Oliveira
Maurício Marques Resende

Palestra apresentada em forma de Pôster em WORKSHOP DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO IPT: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2023, São Paulo. 1 slide

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **REPRODUÇÃO PROIBIDA**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

I Workshop de Modelagem e Simulação Computacional no IPT: Inovação e Sustentabilidade

Um estudo experimental e numérico do efeito do calor e do choque térmico em um sistema de parede de concreto

Cremonesi, Guilherme Akyo; Cleto, Fabiana da Rocha; Oliveira, Luciana Alves de; e Resende, Mauricio Marques.

Introdução

O Objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de um sistema de parede de concreto sob efeito do calor e choque térmico (fenômeno físico). O entendimento do choque térmico em sistemas construtivos é um desafio por conta da complexidade do comportamento desse fenômeno ao longo de ciclos de aquecimento e resfriamento proporcionado pelo ambiente (p. ex. sol seguido de um resfriamento pela chuva). As respostas do sistema de parede foram analisadas durante o monitoramento de mudanças na temperatura e deformação usando sensores em um protótipo físico em escala. Adicionalmente, uma simulação numérica foi conduzida para verificar e analisar as variáveis em um modelo numérico.

Método

Um modelo físico e um numérico foram desenvolvidos para analisar as respostas de uma parede de concreto sob efeito do calor e choque térmico.

Programa Experimental

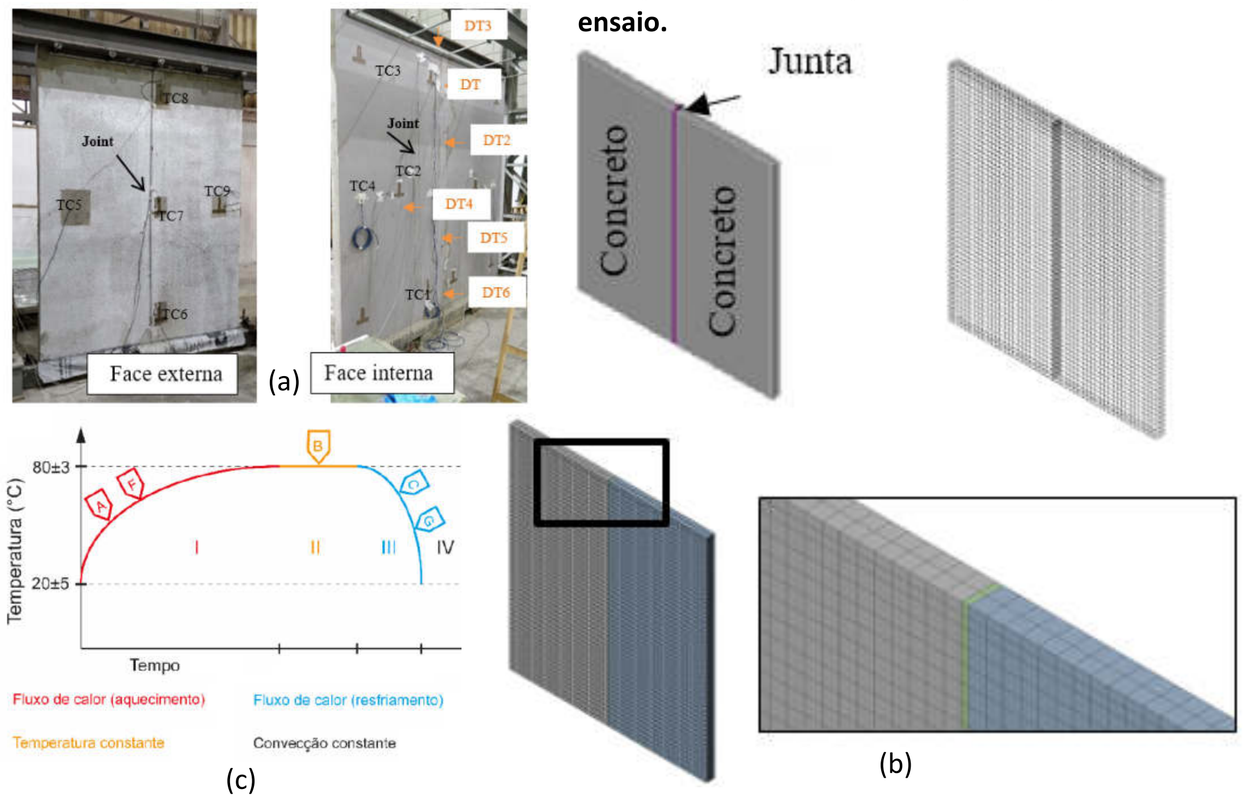
Construiu-se um protótipo físico consistindo de uma parede formada por dois painéis de concreto pré-fabricado, cada com aproximadamente 1,20 m (largura) x 2,60 m (altura) x 0,10 m (espessura) interconectados com uma junta vertical (selante poliuretano) com 0,02 m (largura) x 2,60 m (altura) x 0,10 m (espessura). As propriedades materiais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades materiais da parede de concreto contendo uma junta vertical preenchida com um selante de poliuretano

Propriedades \ Materiais	Concreto	Selante de Poliuretano
Calor específico [J/(kg °C)]	780	2 300
Densidade [kg/m³]	2 300	950
Condutividade térmica [W/(m °C)]	0.72	0.28
Coeficiente de expansão térmica [1/°C]	1.4×10^{-5}	$2,3 \times 10^{-4}$
Módulo de Young [GPa]	30	1.1
Poisson	0.18	0.42
Resistência à compressão (MPa)	18.4	-
Absorção de água (%)	9.9	-
Conteúdo de vazios (%)	18.6	-

A parede de concreto foi instrumentada com 10 termopares tipo T e 6 deflectômetros para os deslocamentos horizontais e verticais (Figura 1). O ensaio de ação do calor e choque térmico considerou o método proposto pela ABNT NBR 15575-4 (2021) e o guia SiNAT 003 (2016) com adaptações recomendadas por Oliveira *et al.* (2014) que consistiu da exposição da face externa ao aquecimento até atingir uma temperatura superficial de 80°C, mantida constante por mais 1 hora. Após, a mesma superfície é resfriada por meio da aspersão de água a uma temperatura de 20°C durante 1 hora, gerando uma variação brusca da temperatura superficial, resultando no efeito do choque térmico. Conduziu-se duas séries de três ciclos do ensaio.

Figura 1 - Protótipo físico (esquerda) e modelo numérico (direita) do sistema de parede de concreto com uma junta vertical contendo um selante de poliuretano, e representação esquemática do ensaio.



Simulação Numérica

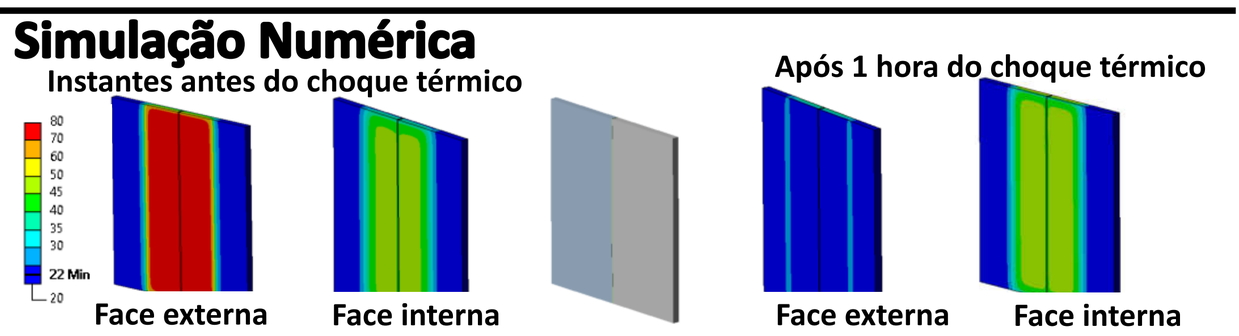


Figura 2 - Representação da distribuição da temperatura superficial do modelo digital de instantes antes e após 1 hora do efeito do choque térmico.

Um modelo numérico tridimensional foi conduzido com características e dimensões equivalentes ao protótipo físico (Figura 1). Por simplificação, não foram considerados mecanismos mecânicos e acabamento (pintura branca) da parede. A transferência de energia térmica (calor) ocorreu por condução e convecção, e a análise estrutural foi baseada na teoria da elasticidade linear. A base do modelo foi considerada fixa (restrita) e os movimentos horizontais (translação perpendicular ao plano das faces da parede) foi limitada na parte superior. O modelo consistiu de elementos quadráticos tetraédricos sólidos com um grau de liberdade (temperatura) para a análise térmica, e elementos quadráticos hexaédricos com três graus de liberdade (deslocamentos nas direções x, y e z) para a análise estrutural. Os contatos foram considerados perfeitamente aderidos. A simulação foi dividida em etapas: (I) aquecimento (2 100 W) da superfície da face externa da parede até 80 +-3°C, (II) resfriamento brusco dessa superfície (-600 W/m²), e (III) a remoção da etapa II de modo a estabelecer o equilíbrio com a temperatura ambiente. A troca de calor por convecção foi considerada função da temperatura, sendo: 3.784 W/m² C para 10°C, 6.71 W/m² C para 50°C, 7,99 W/m² C para 100°C. Em seguida, uma simulação estrutura transiente foi conduzida de modo a reproduzir as respostas do modelo numérico devido aos carregamentos térmicos gerados pelas variações de temperatura obtidas da simulação térmica.

Resultados

A Figura 3 e Figura 4 apresentam, respectivamente, os resultados da temperatura e deslocamento monitorados na parede durante os ciclos de ensaio.

- Um aumento inicial da temperatura superficial foi notado em curta período de tempo durante o início do processo de aquecimento;
- Uma redução repentina da temperatura superficial devido ao efeito do choque térmico proporcionado pelo resfriamento brusco da superfície aquecida;
- Os pontos medidos foram da região exposta diretamente ao aquecimento, mas próximos, foram pouco influenciados quando comparados com os demais pontos;
- Os deslocamentos demonstraram certo padrão de tendência de distribuição durante o início do processo de aquecimento;
- Ao contrário da temperatura, os deslocamentos se estabilizaram por um período, notado pelo patamr horizontal;
- Foram notadas variações bruscas causadas pelo efeito do choque térmico.

Figura 3 - Distribuição experimental e numérica da temperatura (°C) do modelo para os ciclos de ensaio.

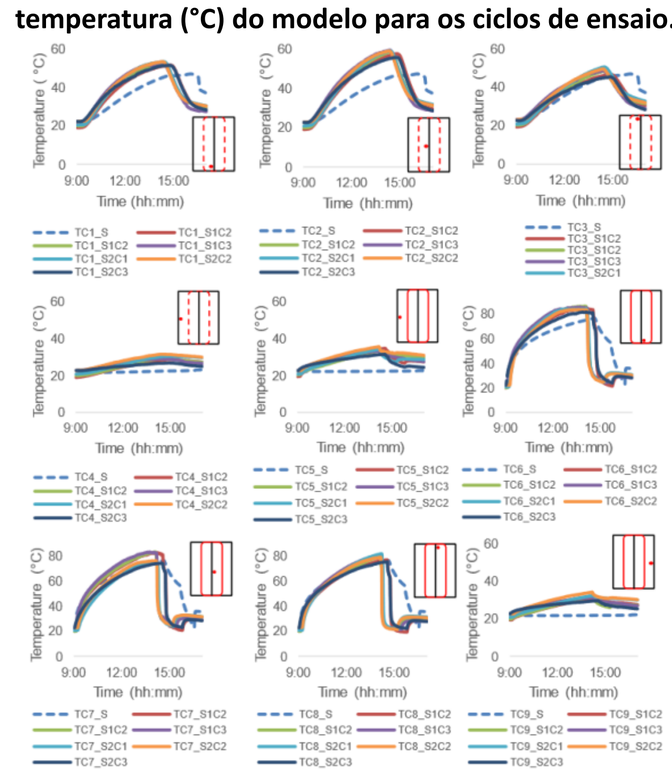
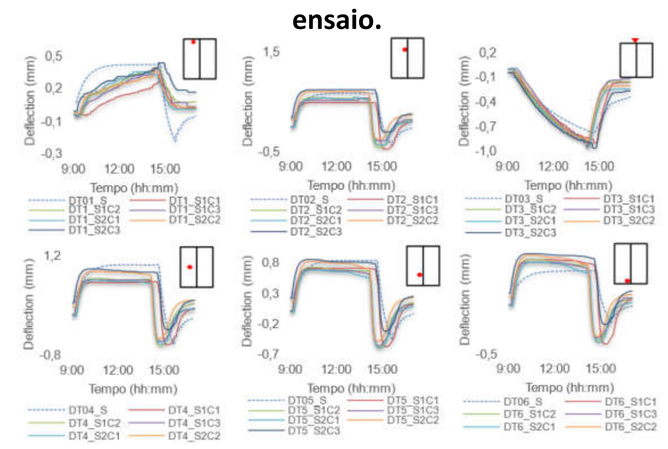


Figura 4 - Distribuição experimental e numérica do deslocamento (mm) do modelo para os ciclos de ensaio.



Conclusões

Os resultados numéricos demonstraram razoabilidade com os resultado experimentais para os diferentes pontos monitorados em relação aos ciclos de choque térmico testados. Isso demonstrou o potencial de viabilidade do uso de simulações para análises em fases prévias de estudo do fenômeno de choque térmico em sistemas de parede de concreto. Também é necessário avaliar a aplicação deste método para outros tipos de sistemas de parede.

Referências Bibliográficas

International Standard Organization - ISO 19208 (2016): *Framework for specifying performance in buildings* . International Standard Organization.

American Society for Testing and Materials. ASTM C 1185 – 8 (2012): *Standard Test Methods for Sampling and Testing Non-Asbestos Fiber-Cement Flat Sheet, Roofing and Siding Shingles, and Clapboards*, Philadelphia.

Australian/ New Zealand Standard. AS/NZS 2908-2 (2000): *Cellulose cement-products: Flat sheets*. Sidney.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15575-4 (2021): *Edificações habitacionais - Desempenho - parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais*. Rio de Janeiro, Brasil.

ABREU, M.; LEITAO, V.; LUCAS, J. C. Modelling the Behaviour of Ceramic Tile Converings. n. October, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575 -4 – Edificações habitacionais - Desempenho - parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. [s.l: s.n.].

ASTM, A. S. F. T. A. M. ASTM C 1185 - 8 - Standard Test Methods for Sampling and Testing Non -Asbestos Fiber-Cement Flat Sheet, Roofing and Siding Shingles, and Clapboards. Philadelphia: [s.n.].

BRIFFETT, C. *The performance of external wall systems in tropical climates* . Energy and Buildings, v. 16, n. 3 – 4, p. 917–924, jan. 1991. https://doi.org/10.1016/0378-7788(91)90086-I

DE SOUZA MARTINS, Maria Eduarda; DA CRUZ FILGUEIRA FILHO, Amân cio. Avaliação das Manifestações Patológicas no Sistema Construtivo em Paredes de Concreto Moldadas no local para edificações habitacionais. Revista Multidisciplinar do Sertão, v. 3, n. 1, p. 72 -80, 2021.

ETAG 004 (20 13) - *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*. Edition, March 2000. Amendment, June 2008. Disponível em https://www.eota.eu/sites/default/files/uploads/ETAGs/etag -004-february-2013.pdf

OLIVEIRA, Luciana Alves; FONTENELLE, João Heitzmann; MITIDIERI FILHO, Claudio Vicente. Durabilidade de fachadas: método de ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico. Ambiente Construído, v. 14, p. 53 -67, 2014.

ORNELLAS, Estela Jardim de. Estudo da relação entre as características dos materiais, gestão de obra e patologias em edifícios construídos com o sistema de parede de concreto estrutural. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diretriz SINAT 003 – Revisão 2 - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas. Brasília, 2016. 71 p.