



**XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024**

**ANÁLISE DE TENSÕES E FISSURAÇÕES INDUZIDAS POR
CARREGAMENTO TÉRMICO EM FACHADAS COM PLACAS CERÂMICAS
DE EDIFICAÇÕES**

Pablo Kawê da Silva Alves; Geraldo José Belmonte dos Santos²

1. Bolsista – Modalidade Bolsa/PVIC, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: pablokaweeng@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: belmonte@uefs.br.

PALAVRAS-CHAVE: revestimentos cerâmicos; tensões térmicas; modelagem computacional; programação

INTRODUÇÃO

Os acabamentos das fachadas desempenham um papel essencial na proteção das edificações contra as intempéries. Eles podem variar desde revestimentos mais simples, como pintura aplicada sobre argamassa, até sistemas mais elaborados, com o uso de materiais diversos, como pedras e metais (SARAIVA, 1998). No Brasil, o revestimento cerâmico é amplamente utilizado, valorizado por sua estética, proteção estrutural superior e menor custo de manutenção em comparação à pintura tradicional.

As fachadas estão constantemente expostas a fatores climáticos, como radiação solar e umidade, o que resulta em variações térmicas que afetam o revestimento. Segundo Uchôa (2015), essa variação térmica pode gerar tensões mecânicas devido à incompatibilidade nas dilatações térmicas dos diferentes materiais utilizados, causando fissuras ou desplacamento. Estudos realizados por Silva (2019) utilizando modelagem higrotérmica identificaram grandes variações de temperatura ao longo de um único dia. Essas mudanças dimensionais geram tensões de tração, compressão e cisalhamento, que podem resultar no desprendimento das placas cerâmicas. O ciclo contínuo de variação térmica pode levar ao descolamento completo das peças cerâmicas, comprometendo até mesmo outras camadas do sistema.

Conforme descrito pela NBR 13755 (ABNT, 2017), o revestimento externo é composto por diversas camadas, como base, chapisco, emboço, argamassa colante, placas cerâmicas e rejunte, cada uma com uma função específica. O aumento do uso de cimento na argamassa de emboço pode tornar o material mais rígido, o que, segundo Antunes (2016), aumenta o risco de fissuras que se propagam pelas demais camadas. Em algumas situações, o reforço com telas de aço na argamassa ajuda a evitar essas patologias e aumentar a resistência estrutural (MUSSE et al., 2020).

Modelos teóricos e computacionais, como o método dos elementos finitos (FEM), têm se mostrado ferramentas importantes para a previsão do comportamento de revestimentos expostos a variações térmicas. Esse método permite a análise de tensões e

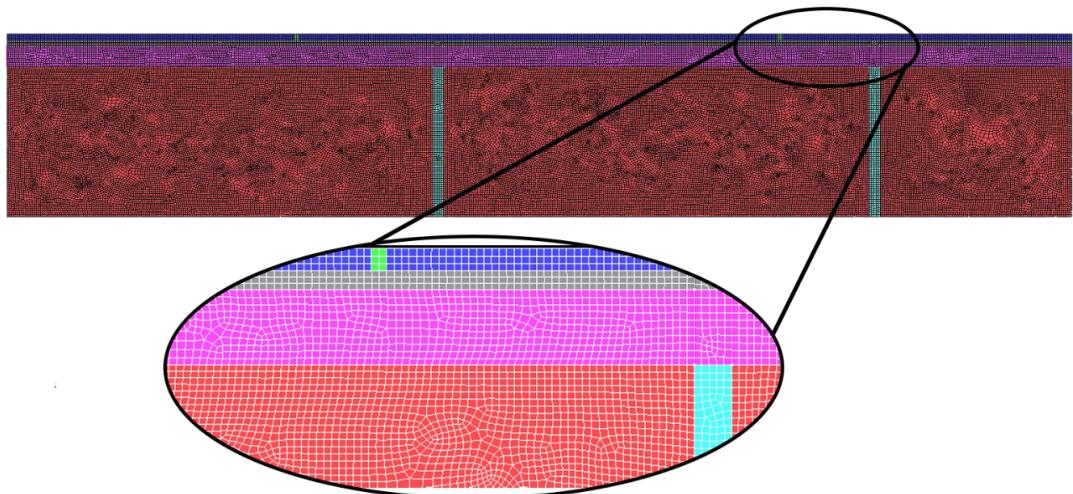
deformações com base em perfis de temperatura (JAGOTA et al., 2013). Embora já exista um certo avanço no estudo das interações entre revestimentos cerâmicos e argamassas colantes, ainda são necessários mais estudos devido à variabilidade dos sistemas e à ausência de consensos sobre as melhores práticas para prevenir danos causados por ciclos térmicos. Por isso, esta pesquisa busca realizar a modelagem de um sistema de revestimento cerâmico para análise térmica através do método de elementos finitos, de forma a entender o comportamento dos revestimentos cerâmicos de fachadas expostos a variações térmicas, identificando os danos comuns causados pelos ciclos de aquecimento e resfriamento ambiental, contribuindo, assim, para o aprimoramento das técnicas de aplicação de revestimentos em fachadas.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os computadores e softwares do Laboratório de Mecânica Computacional (LAMEC) do Laboratório de Estruturas do DTEC. Especificamente, foram utilizados os programas de elementos finitos Ansys e o programa de entrada e saída de dados de elementos finitos GiD SIMULATION.

A modelagem que seria utilizada junto ao programa foi desenvolvida a partir do modelo bidimensional (2D) utilizado por Andrade *et al.* (2021), utilizando o Ansys e software GiD SIMULATION. O modelo de uma parede tem comprimento de 100cm e possui camadas que representaram toda a composição da parede. Para a alvenaria considerou-se bloco de 14x39cm com juntas de 1cm, no emboço a dimensão foi de 2cm, chegando na parte do revestimento. Utilizou-se para representar a argamassa uma camada de 5mm, e para o revestimento, as dimensões foram consideradas placas de 45cm com espessura de 6mm. O modelo bidimensional foi construído e analisado no Ansys e no GID, considerando apenas a espessura. A malha de elementos finitos no GID foi refinada com elementos quadrilaterais de 4 nós, que difere do modelo de Andrade *et al.* (2021) utilizado como referência, que utilizou elementos triangulares de 6 nós. Na mesma, foram definidos após refinamento uma quantidade de 194.565 nós, com 47.454 elementos que gerou uma quantidade de quase 400.000 graus de liberdades conforme Figura 1.

Figura 1: Representação genérica um domínio plano discretizado por elementos finitos quadrilaterais de 4 nós.

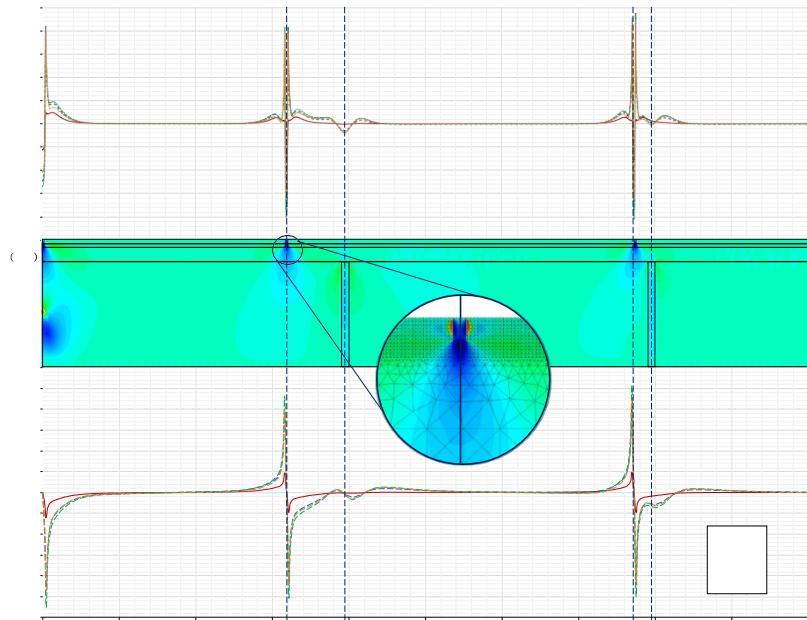


Fonte: Autor (2024).

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

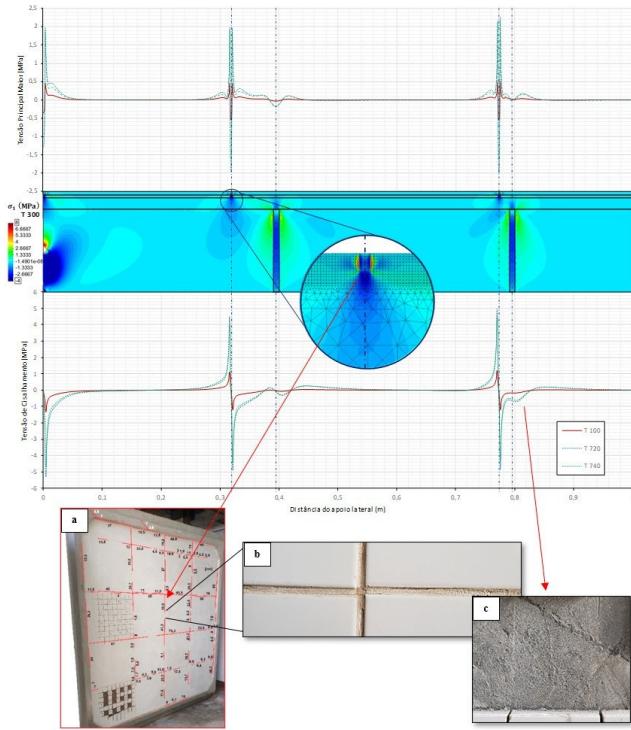
Por falta de tempo hábil, alguns objetivos nesta pesquisa não foram alcançados, pois a ideia seria desenvolver uma malha mais refinada que o programa ANSYS Educacional poderia proporcionar para análise (limitado apenas a 30.000 nós), usando o programa de análise termoelástica gerado pelo docente orientador. Porém, como não houve tempo para conclusão do programa, foi analisada uma malha refinada de forma adaptativa no programa Ansys. Com isso, será demonstrado através dos resultados do trabalho de Andrade *et al.* (2021), um modelo menos refinado do que seria esperado obter com o programa desta pesquisa. A diferença seria uma maior precisão nas análises e a possibilidade de calcular a temperatura em toda a malha, sem ser necessário a interpolação que foi utilizada no artigo de referência. Após a análise no Ansys, obteve-se os resultados de tensão normal e cisalhante mostrados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2: Tensão principal (σ_1) e de cisalhamento (τ_{xy}) ao longo da argamassa colante na interface com o revestimento cerâmico para uma determinada temperatura durante um determinado tempo. No detalhe, representação da malha adotada na região do rejunte entre placas, com pico local de tensão principal. As retas tracejadas verticais indicam a posição dos efeitos localizados nos resultados, promovidos pela geometria do modelo.



Fonte: Andrade *et al.* (2021)

Figura 3: Tensão principal (σ_1) e de cisalhamento (τ_{xy}) ao longo da argamassa colante na interface com o revestimento cerâmico para uma outra temperatura com outro tempo de exposição. No detalhe, representação da malha adotada na região do rejunte entre placas, com pico local de tensão principal. As retas tracejadas verticais indicam a posição dos efeitos localizados nos resultados, promovidos pela geometria do modelo. (a) Mapeamento com indicação do surgimento de fissuras no rejunte após ciclos de choque térmico. (b) Surgimento de fissura nas juntas. (c) Fissuração no emboço.



Fonte: Andrade *et al.* (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do grande potencial do programa proposto para analisar as tensões térmicas em fachadas com revestimentos cerâmicos, não foi possível concluir sua implementação dentro do tempo disponível para este artigo. Por isso, um modelo menos refinado foi usado no Ansys, onde pode-se verificar as tensões nas interfaces das camadas superficiais. Embora alguns resultados promissores tenham sido obtidos com base em estudos prévios, é necessário um tempo adicional para desenvolver uma malha mais refinada e completamente parametrizada ao programa e gerar as análises mais detalhadas.

REFERÊNCIAS

- [1] ANTUNES, G. R. Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas. 2016. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, 2016;
- [2] ANDRADE, Renan Pereira de; CURCI, Henrique Chiaradia Falcão; MOURA, Ellen Soares Silva de; GOMES, Henrique Campelo; MARANHÃO, Flávio Leal. Avaliação das tensões nas camadas de revestimento cerâmico após indução de aquecimento superficial em diferentes condições. *Cerâmica Industrial*, [S.L.], v. 26, p. 1-13, 2021. Editora Cubo. ;
- [3] JAGOTA, V.; ETH, A. P. S.; KUMAR, K. Finite Element Method: An Overview. *Walailak Journal*, Nakhon Si Thammarat, v. 10, n. 1, p. 1-8, jan. 2013;
- [4] MUSSE, D. S.; COELHO, V. A.; GONÇALVES, J. P.; SILVA, F. G. S. Desempenho do revestimento de argamassas reforçadas com telas: estudo de fissuração e do comportamento mecânico. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 467-491, jul./set. 2020;
- [5] SARAIVA, A. G. Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistema de Revestimento Cerâmico de Fachada. Dissertação de Mestrado em Estrutura e Construção Civil,

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998;
[6] SILVA, L. V. P. Modelagem Numérica de Estrutura de Revestimento Fissurado: Avaliação da Degradação e Fadiga. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento De Engenharia Civil E Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.