

## MODELAGEM NUMÉRICA DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA – GEOMETRIA E DIMENSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

COSTA, Eliane <sup>1</sup>; CARASEK, Helena <sup>2</sup>; ALMEIDA, Sylvia <sup>2</sup>; ARAÚJO, Daniel <sup>2</sup>;

Palavras-chave: revestimentos, argamassa, aderência, modelagem numérica.

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Antunes (2004), os mecanismos que regem a aderência dos revestimentos no estado endurecido não são completamente entendidos tampouco existe ensaio adequadamente padronizado para avaliar a resistência de aderência. No Brasil, os ensaios realizados por laboratórios e institutos de pesquisa, mesmo padronizados pela NBR 13528 (ABNT, 1995), diferem entre si nos seguintes aspectos: geometria, dimensão e corte dos corpos-de-prova, bem como tipo de equipamento utilizado. Com base na variabilidade dos resultados de aderência, este trabalho procura investigar a influência da geometria e dimensão dos corpos-de-prova, por meio de uma modelagem numérica, de alguns parâmetros de ensaio nas tensões geradas no sistema de revestimento quando submetidos a um esforço de tração. Este trabalho é parte de uma dissertação que tem como objetivo geral revisar e ajustar a metodologia existente (NBR 13528:1995) de medida da aderência de revestimentos de argamassa, estando dividida em duas etapas, uma de modelagem numérica e outra de investigação laboratorial.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 – Variáveis estudadas

As variáveis foram estabelecidas de acordo com a metodologia do ensaio de resistência de aderência à tração, prescrito pela NBR 13528 (1995), e algumas características das argamassas de revestimentos abordadas na literatura.

Alguns parâmetros foram considerados constantes em todos os modelos construídos, tais como as propriedades e dimensões do substrato e da pastilha metálica<sup>1</sup>. Outros foram adotados de acordo com as variáveis de cada modelo, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis e condições fixas dos modelos estudados.

<i>Variáveis</i>	<i>Condições fixas</i>
<b>Geometria e dimensão dos corpos-de-prova:</b>	- Espessura do revestimento: 2,5 cm;
- Circular: $\Phi = 5$ cm e $\Phi = 10$ cm.	- Esforço de tração aplicado: distribuído e igual a
- Quadrado: $l = 5$ cm e $l = 10$ cm.	0,20 MPa.

#### 2.2 – Propriedades atribuídas aos elementos

O comportamento dos materiais envolvidos no sistema de revestimento depende essencialmente de algumas propriedades, sendo estas fornecidas e especificadas

<sup>1</sup> Em todos os modelos, a espessura da pastilha de alumínio foi igual a 1 cm. As dimensões da pastilha foram equivalentes ao corpo-de-prova adotado em cada modelo.

para cada elemento finito usado na modelação do sistema. Os valores e variações adotados foram atribuídos de acordo com a literatura consultada, Fiorito (1994), Carasek (1996), Van Vlack (2000). A Tabela 2 apresenta as propriedades dos materiais envolvidos nos sistemas estudados.

Tabela 2 – Propriedades atribuídas aos elementos.

<i>Materiais</i>	<i>Módulo de elasticidade (GPa)</i>	<i>Coefficiente de Poisson</i>
<b>Concreto</b>	21	0,20
<b>Argamassa de revestimento</b>	1	0,20
<b>Alumínio</b>	70	0,33

Os materiais foram considerados isotrópicos, ou seja, com as mesmas propriedades nas três direções ortogonais. Além disso, a argamassa de revestimento foi idealizada como um material fisicamente linear, ou seja, com a relação entre as tensões e deformações absolutamente linear.

### **2.3 – Modelo numérico adotado**

Para a modelação do sistema de revestimento, com a intenção de analisar o comportamento e a distribuição de tensões nas camadas constituintes, considerou-se o mesmo composto de: substrato de concreto, com dimensões de 1,00 m x 1,00 m x 0,15 m, engastado nos planos xz e yz, argamassa e pastilha de alumínio.

Os modelos foram construídos utilizando o programa ANSYS, versão 6.1 e discretizados, empregando-se uma malha bem refinada composta por elementos tridimensionais isoparamétricos (tipo SOLID 65). Este elemento tridimensional possui oito nós com três graus de liberdade cada um, translações em x, y e z, podendo ser utilizado para modelar concreto simples, concreto armado e sistemas equivalentes.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Influência da geometria e dimensão do corpo-de-prova**

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos com a modelagem para corpos-de-prova circular e quadrado, ambos com dimensões de 50 mm e 100 mm. Nota-se que as tensões atuantes distribuem-se diferentemente para cada formato e dimensão dos corpos-de-prova.

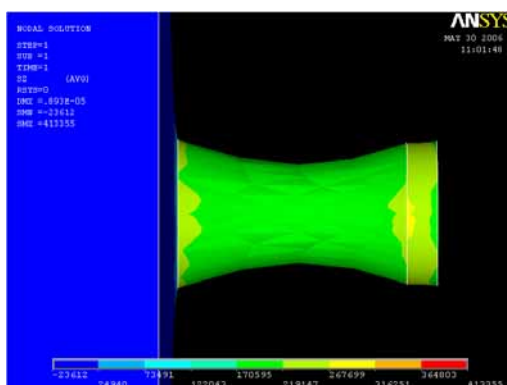


Figura 1 – Tensão  $\sigma_z$  atuante em corpo-de-prova circular com dimensão 50 mm.

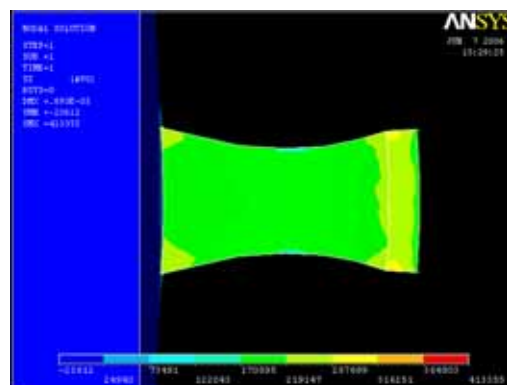


Figura 2 – Tensão  $\sigma_z$  atuante em corpo-de-prova quadrado com dimensão 50 mm.

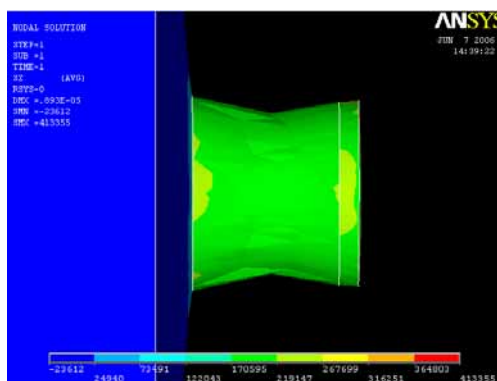


Figura 3 – Tensão  $\sigma_z$  atuante em corpo-de-prova circular com dimensão 100 mm.

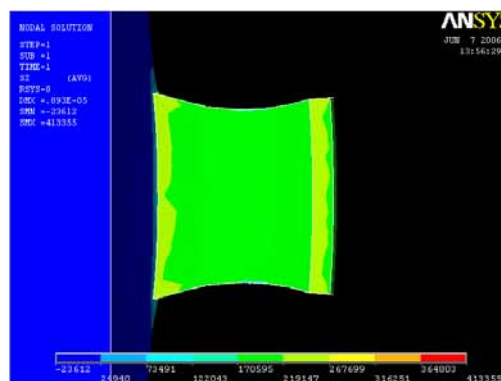


Figura 4 – Tensão  $\sigma_z$  atuante em corpo-de-prova quadrado com dimensão 100 mm.

Observando a interface argamassa/substrato verifica-se que as pastilhas circulares, apresentam distribuição uniforme ao longo de toda interface e as quadradas possuem tensões médias inferiores às circulares. Isso ocorre porque essas pastilhas possuem área da seção transversal superior as circulares e a tensão é inversamente proporcional à área da seção onde a carga é aplicada. Nestas pastilhas também há uma concentração de tensões nas extremidades, conforme mostra a Figura 5.

A Figura 7 evidencia a distribuição de tensões ao longo da camada de argamassa, mostrando que as tensões são superiores nas interfaces argamassa/substrato e argamassa/pastilha e, inferiores no centro da camada de argamassa, entre 1,0 cm e 1,5 cm, para os corpos-de-prova circular (50 mm e 100 mm) e quadrado (100 mm). A pastilha quadrada de lado 50 mm apresentou um comportamento diferenciado, em que a tensão na interface argamassa/substrato foi menor que na interface argamassa/pastilha.

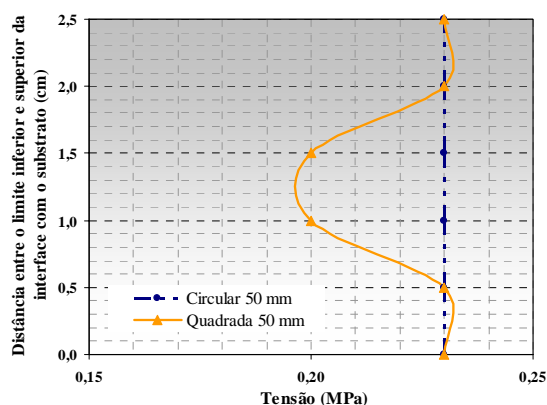


Figura 5 – Distribuição das tensões normal  $\sigma_z$  na interface argamassa/substrato com diferentes geometrias e dimensões dos corpos-de-prova.

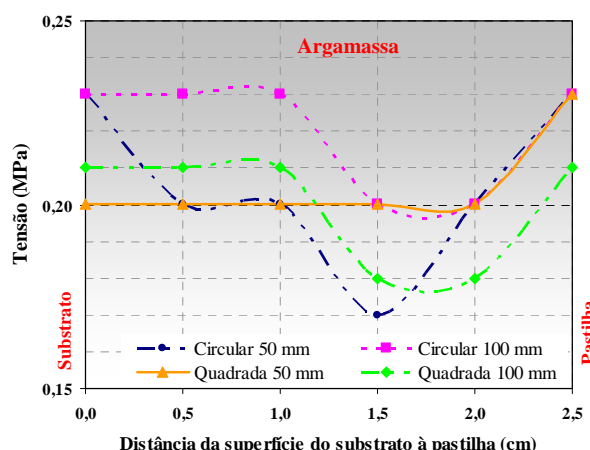


Figura 6 – Distribuição das tensões normal  $\sigma_z$  na camada de argamassa (1) com diferentes geometrias e dimensões dos corpos-de-prova.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados de distribuição de tensões para os sistemas analisados é possível enumerar algumas conclusões:

- ✓ De um modo geral, as tensões são mais elevadas nas regiões de interface porque os elementos estão próximos ao ponto de aplicação da carga e na faixa de transição de materiais, com propriedades elásticas diferentes.
- ✓ Os corpos-de-prova circulares apresentam uma distribuição de tensões uniforme ao longo da interface argamassa/substrato ao contrário dos corpos-de-prova quadrados, que concentram tensões nos cantos. Essa concentração independe do procedimento de corte e sim é proveniente da geometria.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSYS Release 6.1. U.S.A.: SAS IP, Inc., 2002, Windows 2000.

ANTUNES, R. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2004. Texto submetido ao Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP como parte dos requisitos para qualificação no programa de Doutorado.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**. Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil.

CRASTO JR., J. P. S. **Avaliação comparativa das diferentes metodologias para ensaio de resistência de aderência à tração direta**. Recife, 2005. Projeto Final de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco – Departamento de Engenharia Civil.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e Procedimentos de Execução**. 4. ed. São Paulo: Pini, 1994. 223p.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – Estudo de caso**. Brasília, 2004. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. 148p.

VAN VLACK, L. H. **Princípio de Ciências dos Materiais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

**FONTE DE FINANCIAMENTO – CONSITRA – CAPES – FINEP**

Mestranda da Escola de Engenharia Civil/EEC – Curso de Mestrado em Engenharia Civil/CMEC/UFG, [elianebetania@hotmail.com](mailto:elianebetania@hotmail.com)

<sup>2</sup> Orientadores/Escola de Engenharia Civil/UFG, [hcarasek@eec.ufg.br](mailto:hcarasek@eec.ufg.br), [sylvia@eec.ufg.br](mailto:sylvia@eec.ufg.br), [dlaraujo@eec.ufg.br](mailto:dlaraujo@eec.ufg.br).

COSTA, E.; CARASEK, H.; ALMEIDA, S.; ARAÚJO, D. Modelagem numérica do ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG – CONPEEX, 3., 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos do XIV Seminário de Iniciação científica** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006, n.p.

---