

# SIMULAÇÃO DE PROCESSO DE DANO DE MATERIAIS QUASE-FRÁGEIS COM APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS FORMADO POR BARRAS

BRENO LEONHARDT P. <sup>1</sup>, IGNACIO ITURRIOZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de graduação Engenharia Mecânica, UFRGS

<sup>2</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia Mecânica, UFRGS



**UFRGS** **XXVII SIC**  
**PROPEAQ** Salão Iniciação Científica

ENG - Engenharias

## INTRODUÇÃO

Materiais heterogêneos (cerâmicas, rochas, cimentos, entre outros) caracterizam-se por fenômenos como o desenvolvimento de microfissuras durante o processo de ruptura, e sua simulação continua sendo um desafio atual. O método dos elementos discretos formado por barras (DEM) se apresenta como uma alternativa para a simulação do processo de dano em tais materiais, apresentando resultados adequados também em emissão acústica. Neste contexto, propõe-se a simulação de ensaios em corpos de prova com uso deste método, com objetivo de análise dos parâmetros de emissão acústica gerados.

## METODOLOGIA

O método numérico utilizado baseia-se em representar um sólido utilizando um arranjo regular de barras, com rigidez equivalente ao contínuo que querem representar (Fig. 1 a, b), e pela massa do sólido discretizada nos nós. O comportamento não linear do material é modelado utilizando uma relação constitutiva bilinear (Fig. 2), inspirada na lei de Hillerborg, (Apud Kosteski<sup>1</sup>).

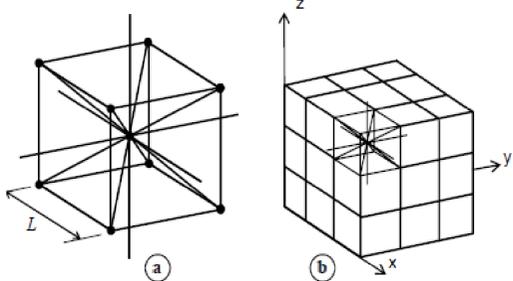


Figura 1 - Discretização do DEM: a) Modelo cúbico b) Geração do corpo prismático (Kosteski<sup>1</sup>)

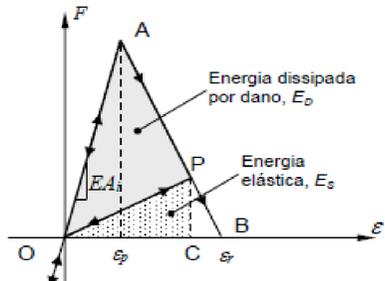


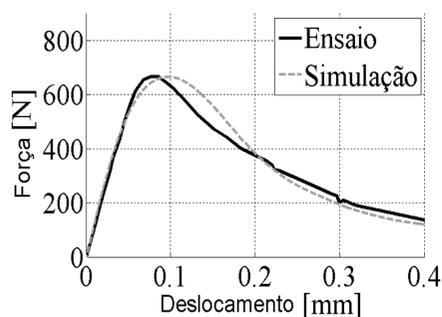
Figura 2 - Rel. Constitutiva do DEM Modelo de Hillerborg (Kosteski<sup>1</sup>)

A equação de movimento resultante da discretização espacial é integrada no tempo empregando um esquema explícito ( método das diferenças finitas centrais). Para realizar a simulação do ensaio de emissão acústica se capturam as acelerações na superfície do modelo gerado.

Figura 3: Ensaio de três pontos em viga de concreto com fenda na seção central. (Lacidogna et al)<sup>1</sup>

## APLICAÇÃO E RESULTADOS

Se realizou o estudo de uma viga de concreto de 840x100x100mm, com uma fenda na seção central, com carregamento de três pontos indicado. Na Fig. 4 se apresenta a comparação entre resultados experimentais ( obtidos por Lacidogna et al<sup>1</sup>) e numéricos em termos de Força global aplicada e o deslocamento central medido. A emissão acústica da simulação gerou resultados como os apresentados (Fig.5)



Parâmetros da simulação:  
 Módulo de Young E = 35Gpa  
 Fator crítico de falha Rfc = 0.8  
 Energia específica de fratura Gf = 70 J

Figura 4: Resultado de Força vs deslocamento da simulação (DEM) e do ensaio (Lacidogna<sup>2</sup>). Parâmetros de material utilizados na simulação.

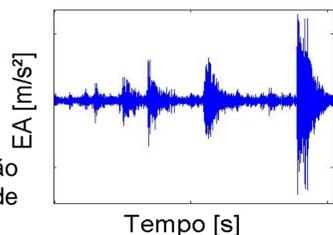


Figura 5 - Simulação de eventos de emissão acústica.

Na Fig. 6 se apresenta a distribuição e amplitude dos eventos N e número de eventos acumulados Nacum durante a simulação. A curva força global deslocamento vertical central é apresentada fora de escala como referência.

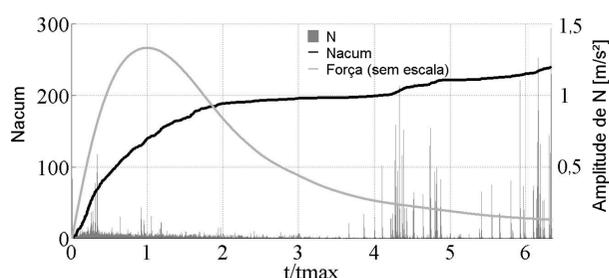


Figura 5 – Distribuição de eventos e eventos acumulados durante a simulação.

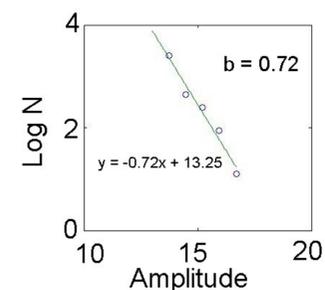


Figura 6 – Cálculo do valor-b em um intervalo da simulação. (Intervalo VII, ver em Fig. 8).

A relação dos número de eventos e suas amplitudes acumuladas em domínio logarítmico permite definir o valor-b, (coeficiente angular da reta ajustada). A evolução do valor-b durante o ensaio permite caracterizar o processo de dano simulado. Valores altos de b indicam um dano difuso, enquanto valores baixos indicam dano concentrado.

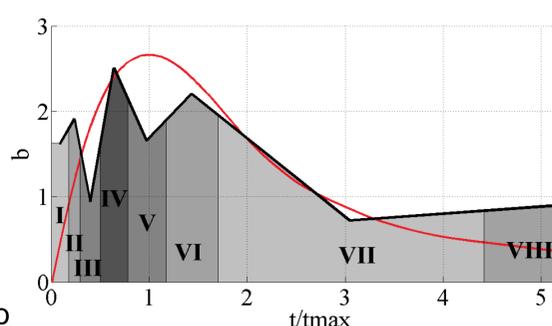


Figura 8: Evolução do valor-b durante o ensaio simulado.

Na Fig. 8 se apresenta a evolução do valor-b durante o ensaio simulado, identificando-se que o valor diminui de forma sensível após atingida carga máxima. Este resultado se deve à emissão acústica originar-se, então, principalmente das proximidades da trinca central. A definição do valor-b foi originalmente proposta afim de definir a distribuição de sismos em regiões sismologicamente ativas. Desta forma, através deste tipo de análise o DEM pode auxiliar a interpretar ensaios de emissão acústica reais, no sentido de compreender como processo de dano acontece em estruturas construídas com materiais quase frágeis.

## REFERÊNCIAS

- Kosteski L.E. Aplicação do método dos elementos discretos formado por barras no estudo do colapso de estruturas. Porto Alegre, 2012. p.177. Tese, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Porto Alegre, 2012.
- Lacidogna G. et al. Fracture propagation in notched concrete beams subjected to three-point bending tests: Acoustic Emission detection and numerical simulation (em processo de publicação na International Journal of Fracture Mechanics..

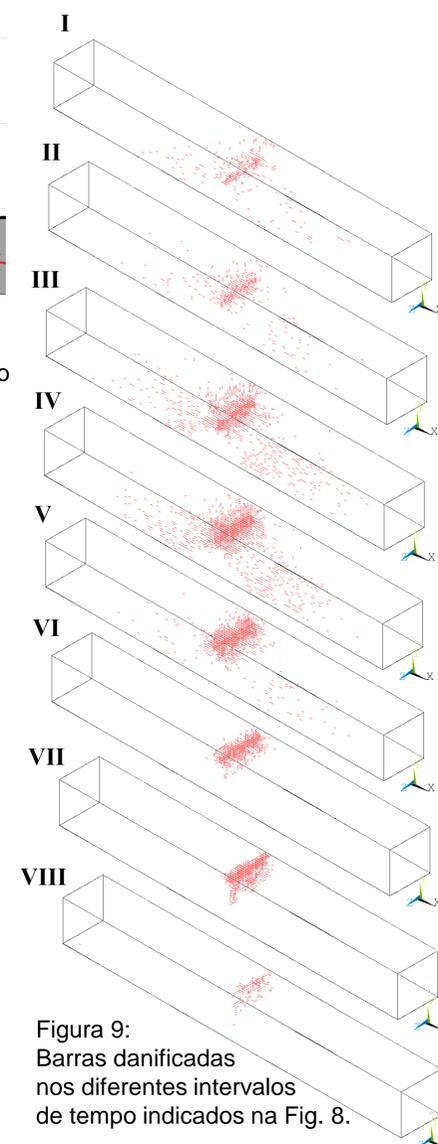


Figura 9: Barras danificadas nos diferentes intervalos de tempo indicados na Fig. 8.



MODALIDADE DE BOLSA

INICIAÇÃO CIENTÍFICA