

SIMULAÇÃO DE PROCESSO DE DANO DE MATERIAIS QUASE-FRÁGEIS COM APLICANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS FORMADO POR BARRAS

ANNA CELIA W. MAGGI¹, IGNACIO ITURRIOZ², GABRIEL BIRCK³



paz no plural

ENG - Engenharias

INTRODUÇÃO

Materiais quase-frágeis (cerâmicas, rochas, cimentos, entre outros) caracterizam-se por fenômenos como o desenvolvimento de microfissuras durante o processo de ruptura, e sua simulação contínua, sendo um desafio atualmente. O estudo do processo de dano nestes tipos de materiais não pode deixar de lado fenômenos como a localização e coalescência de microfissuras que são difíceis de tratar dentro da mecânica dos meios contínuos. Uma alternativa para resolver este tipo de problema consiste em utilizar método discreto formado por barras. Neste contexto o objetivo do presente trabalho é a simulação do processo de ruptura em materiais quase-frágeis utilizando uma versão do método dos elementos discretos formado por barras.

METODOLOGIA

O método dos elementos discretos formados por barras (LDEM), aqui utilizado, foi proposto por Riera 1984 e consiste num arranjo regular de barras de treliça com massas concentradas nos nós de ligação, onde a rigidez das barras tem rigidez equivalente ao contínuo que desejam representar. Na Fig 1 apresenta-se o arranjo cúbico utilizado em forma ilustrada em (a) e compondo um prisma maior em (b). E na Fig 2 mostra-se a equação constitutiva bilinear utilizada para modelar corretamente a fratura.

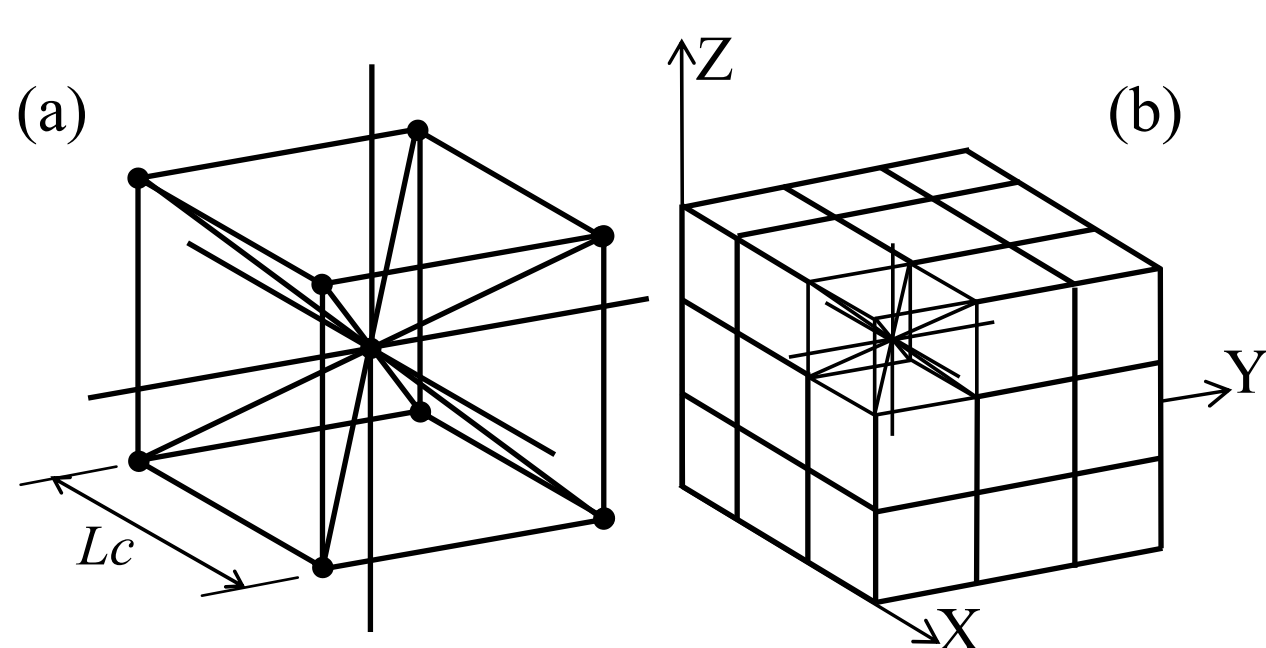


Figura 1 - Discretização do DEM: a) Modelo cúbico b) Geração do corpo prismático (Kosteski et al 2011)

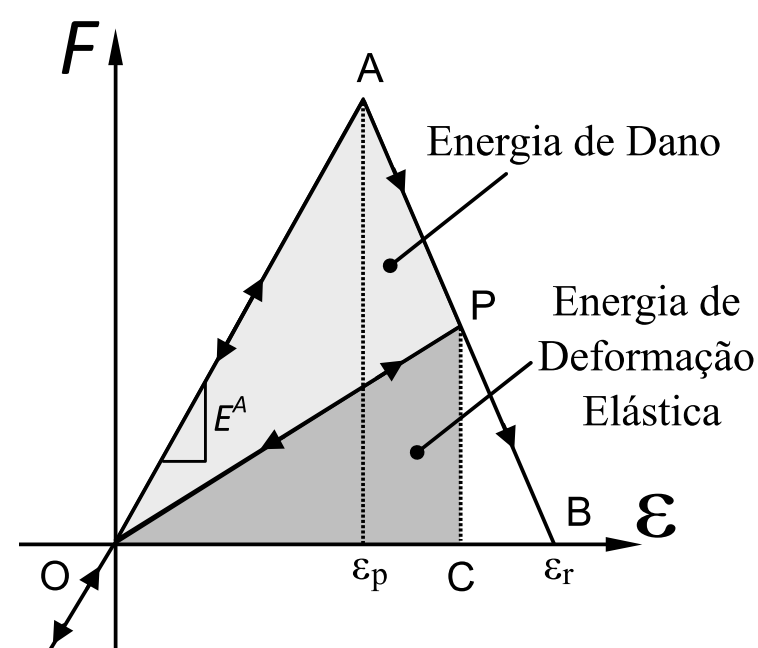


Figura 2 - Rel. Constitutiva do DEM Modelo de Hillerborg (Kosteski et al 2011).

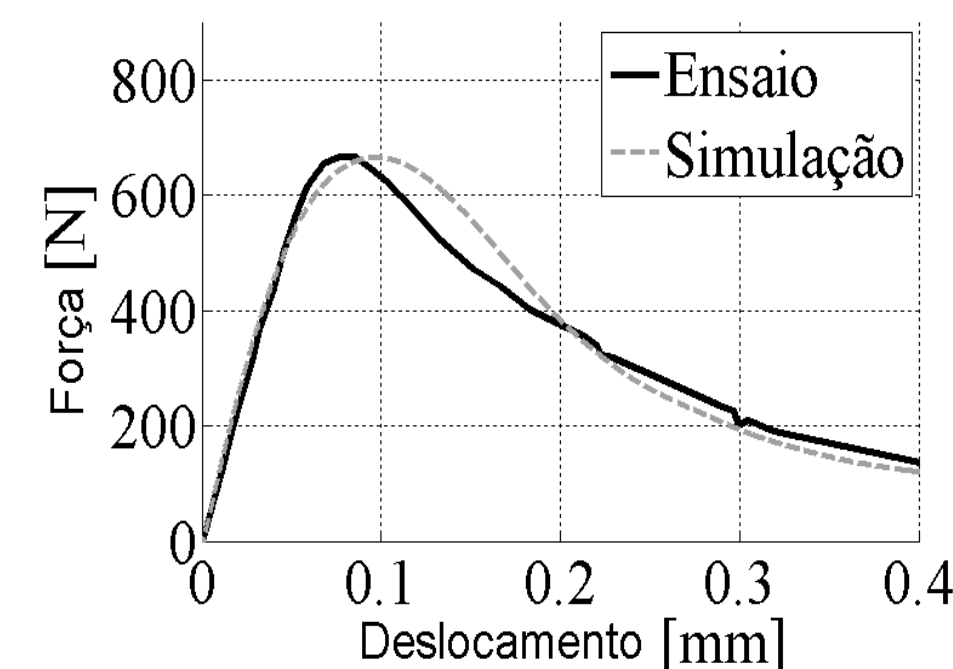
A equação de movimento resultante da discretização espacial é integrada no tempo empregando um esquema explícito (método das diferenças finitas centrais). É importante ressaltar que, como as coordenadas nodais são atualizadas a cada incremento de tempo, grandes deslocamentos são contabilizados naturalmente, pois o modelo mantém a objetividade com deslocamento finito. Maiores detalhes sobre o modelo se podem encontrar em Kosteski (2011).

APLICAÇÃO E RESULTADOS

O estudo consiste em simular uma viga de concreto de 840x100x100mm, que possui uma fenda, representando uma trinca, em sua seção central, com carregamento de três pontos, como indicado na Fig 3. Esta viga foi ensaiada em laboratório e tal estudo está documentado no artigo de Carpinteri et al.(2016), onde este controla a velocidade de abertura da trinca, fixada em 0,002mm/s. O artigo ainda apresenta resultados para a emissão acústica relativa à abertura da trinca. A Fig 4 mostra a comparação do resultado ensaiado com a curva obtida pela simulação com o LDEM.



Figura 3: Ensaio de três pontos em viga de concreto com fenda na seção central. (Carpinteri et al)



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

Figura 4: Comparações entre resultado ensaiado e simulado

Na Fig 5 apresenta-se a configuração da via simulada, com a trinca, apoios e local de aplicação da carga. Em vermelho representam-se as barras rompidas e em laranja as barras danificadas. A Fig 6 mostra o comportamento da viga após um segundo de aplicação da carga, demonstrando a quebra gradual das barras devido à aplicação de carga.

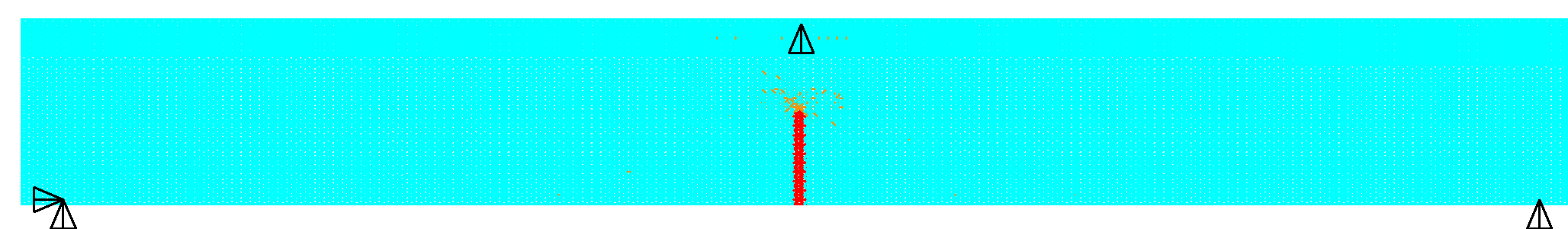


Figura 5 – Viga simulada. Em vermelho representada a trinca e em amarelo barras danificadas.

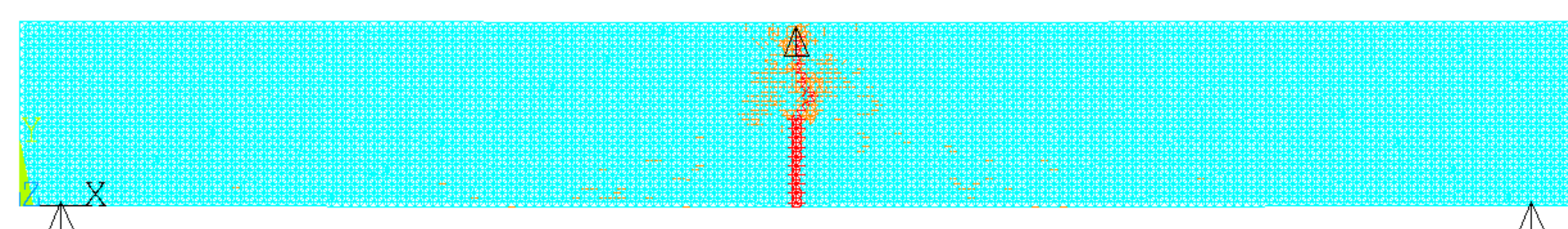


Figura 6– Simulação representando um minuto de aplicação das solicitações. Em vermelho, a trinca e as barras rompidas e em amarelo barras danificadas.

Os resultados preliminares são consistentes e permitem prever sucesso na simulação do processo de ruptura de vigas similares com outras dimensões visando manter constante a velocidade de abertura da trinca principal durante o processo de ruptura e simular ensaios de emissão acústica. Sendo que estas atividades serão realizadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- Kosteski, Iturrioz, Batista and Cisilino] Kosteski LE, Iturrioz I, Batista RG and Cisilino AP (2011) The truss-like discrete element method in fracture and damage mechanics. *Engineering Computations* 28(6): 765–787.
- Riera JD (1984) Local effects in impact problems on concrete structures. In: *Proceedings of the Conf. SMIRT*, v 3., Brazil, pp. 57–79.
- Carpinteri A. et al. Cracking and crackling in concrete-like materials: A dynamic energy balance. *Engineering Fracture Mechanics*, v. 155, p. 130-144, 2016.



MODALIDADE DE BOLSA

INICIAÇÃO CIENTÍFICA