

# UM MODELO DISCRETO DE PARTÍCULAS 3D PARA O ESTUDO DA FRATURA EM ROCHA: CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROMECAÑICOS

## A 3D DISCRETE PARTICLE MODEL FOR ROCK FRACTURE: MICROMECHANICAL PARAMETERS CALIBRATION

Monteiro Azevedo, Nuno; *Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, nazevedo@lnec.pt*

Candeias, Marilene; *Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, mcandeias@lnec.pt*

### RESUMO

Os modelos detalhados de partículas, MP, ao terem em consideração a estrutura granular da rocha incluem de forma explícita a aleatoriedade do material e introduzem um tamanho limite à localização do dano. Neste trabalho é apresentado um modelo de partículas rígidas esféricas que tem sido desenvolvido tendo em vista o estudo da fratura em betão e em rocha. A interação entre partículas é definida com base na estrutura de Voronoi dos centros de gravidade das partículas esféricas. Adota-se um modelo de contacto múltiplo, no qual a área da superfície de contacto é dada pela área da faceta comum dos Voronoi associados a cada partícula. Vários estudos paramétricos são apresentados de modo a demonstrar a influência dos parâmetros micromecânicos, elásticos e resistentes, na resposta macroscópica dos sistemas de partículas.

### ABSTRACT

Detailed particle models, PM, by taking into account the material grain structure, consider explicitly the randomness of material and include a size limiter for damage location. In this work a spherical rigid particle model is presented that has been developed to study the fracture in concrete and in rock. The interactions between particles are defined through the Voronoi structure generated from the spherical particles centers of gravity. A multiple contact model is adopted, in which the contact surface area is given by the common facet of the particle associated Voronoi. Several parametric studies are presented to demonstrate the influence of the micromechanical parameters, elastic and strength, on the macroscopic response of particle assemblies.

### 1 - INTRODUÇÃO

Desde o final do século XX, modelos detalhados de partículas 2D, MP, têm sido adotados na modelação da fratura no betão e em rocha (Meguro e Hakuno, 1989; Schlangen e Garboczi, 1997; Potyondy e Cundall, 1996). Mais recentemente, têm sido apresentados diversos modelos 3D para o estudo da fratura em rocha e no betão (Liliu e Van Mier, 2003; Potyondy e Cundall, 2004; Hentz et al., 2004; Wang e Tonon 2009; Azevedo e Lemos, 2013).

Os modelos MP, ao terem em conta a estrutura granular e a heterogeneidade do material, incluem um tamanho limite à localização do dano e permitem reproduzir padrões de fendilhação e comportamentos macroscópicos semelhantes aos observados em ensaios laboratoriais em rocha e betão. Os modelos MP são conceptualmente mais simples do que os modelos baseados numa abordagem contínua, e, ao terem como base uma idealização de meio descontínuo, o desenvolvimento de superfícies de rotura ocorre naturalmente. Com base em leis de interação simples entre partículas, é possível gerar um material sintético que possui um comportamento global complexo próximo do expectável em rocha.

No MP, 2D e 3D, proposto por Potyondy e Cundall (2004), MPC, é adotado o modelo de contacto pontual para a simulação da interação entre partículas, em paralelo com um modelo que permite a transmissão de momentos através de uma mola com rigidez rotacional para a simulação do material de ligação. O modelo proposto por Potyondy e Cundall (2004) não permite simular corretamente os resultados experimentais obtidos em rocha, nomeadamente, a relação entre a resistência à compressão e à tração uniaxial, bem como o ângulo de atrito macroscópico obtido com base em ensaios triaxiais. Para reduzir este efeito, outras técnicas foram propostas, entre as quais a formação de geometrias mais complexas através de aglomerados de partículas circulares (Cho et al., 2007), ou a adoção de partículas poligonais, (Potyondy, 2010; Kazerani e Zhao, 2010; Lan et al., 2010; e Kazerani, 2011). Os modelos MP baseados em aglomerados de partículas circulares ou em partículas poligonais são computacionalmente exigentes, e por este motivo apenas têm sido aplicados em 2D.