

4

Implementação Computacional

Neste capítulo serão abordados alguns aspectos da implementação computacional, tais como a geração do modelo, o ciclo computacional e a pesquisa por pares de contato.

4.1.

Geração do Modelo

O modelo a ser gerado é definido por um número de partículas com tamanhos e formas diferentes dispostos no interior de uma superfície delimitadora. Grande parte das simulações de solos granulares utiliza-se de partículas circulares (2D) ou esféricas (3D). Após definida a geometria das partículas, faz-se a distribuição uniforme das propriedades físicas.

Dessa forma, um dos primeiros problemas na geração do modelo é definir os parâmetros de tal forma que estes proporcionem a representatividade do material a ser estudado.

Uma forma de minimizar este problema é gerar modelos com grande número de partículas e variadas distribuições de tamanhos e formas. Esta técnica consiste em aglomerar algumas partículas impondo a elas formas geométricas e propriedades físicas variadas, assim, ao invés de formar várias partículas seriam formados diversos aglomerados que estariam sujeitos à força da gravidade proporcionando sua acomodação, gerando certo grau de compactação.

Neste trabalho a geração das partículas foi composta por um intervalo definindo o raio mínimo e o raio máximo, proporcionando uma grande variação entre os elementos circulares.

A geração das fibras baseou-se no trabalho de Michalowski & Zhao (*Failure of fiber-reinforced Granular Soils* – 1996), onde as fibras eram representadas por segmentos de

retas dispostas randomicamente em diversas direções (Figura 15). Estes segmentos, por sua vez, são formados por pelo menos dois pontos, sendo que cada ponto é formado por um contato entre dois elementos circulares.

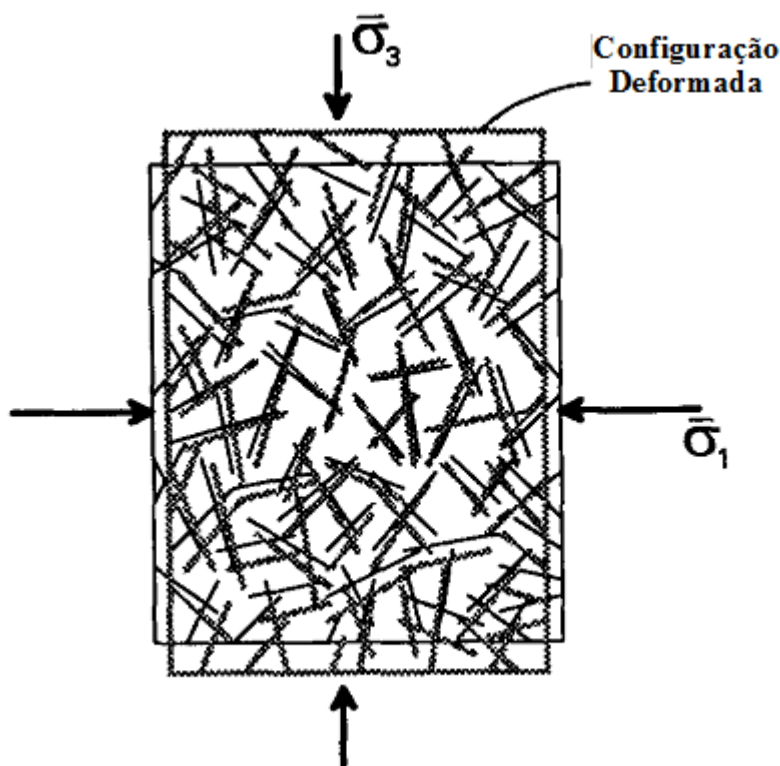


Figura 1: Plano Tensão x Deformação de um compósito reforçado com fibras, (Michalowski and Zhao – Ruptura de Solos Granulares reforçados com fibras – 1996)

O modelo gerado possui forma de paralelepípedo e a estrutura do algoritmo foi baseada nas direções cartesianas. No entanto, é possível a geração de outras geometrias através da manipulação das superfícies de contorno.

A Figura 16 ilustra um exemplo da geração de um pequeno modelo 2D de elementos circulares com diâmetros diferentes e as fibras dispostas aleatoriamente.

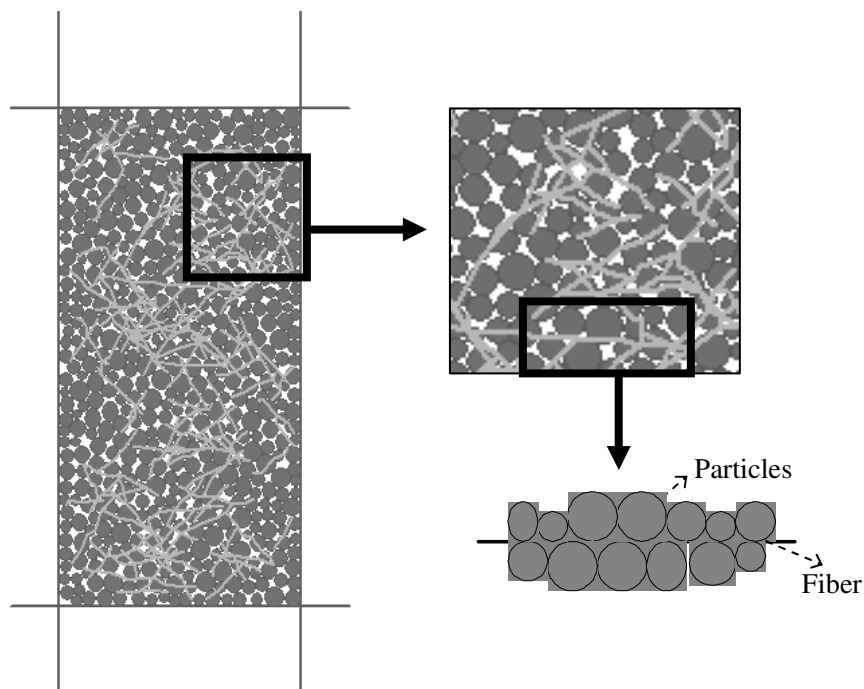


Figura 2: Modelo em 2D de uma amostra de solo reforçado.

4.2.

Pesquisa por Pares de Contato

A pesquisa por contatos representa a etapa que demanda maior tempo de processamento. Uma forma de realizar a busca por pares de contatos leva em consideração todos os elementos do modelo, somando N possibilidades que envolvem N partículas. Dessa forma, o tempo de processamento para execução deste algoritmo é de ordem quadrática (N^2). Esse método torna-se bastante dispendioso quando há elevado número de partículas.

Para otimizar a busca por contatos Quentrec & Brot (1975) propuseram um novo método para a pesquisa de pares de contato. Neste modelo faz-se a busca somente entre os elementos que estão dentro de uma mesma célula ou em células vizinhas, assim, o domínio fica reduzido ao número de células.

Neste método a busca por contatos nas células é realizada de forma que um par em contato é encontrado apenas uma vez, reduzindo o tempo de processamento da pesquisa de contatos para a ordem linear [N].

De acordo com Allen & Tildesley (1987), a estrutura de dados por células é composta por uma lista encadeada. Primeiramente, este método organiza os elementos dentro de cada célula. Esta organização origina dois arranjos: HEAD e LIST. A dimensão do arranjo HEAD é dada pelo número de células e o arranjo LIST possui dimensão igual ao número de elementos.

Cada posição no arranjo HEAD corresponde a uma célula, onde é armazenado um número que identifica o 1º elemento. E este número corresponde à posição no arranjo LIST. Deste modo, a posição do segundo elemento no arranjo LIST armazena o endereço do terceiro elemento e assim sucessivamente, sendo que a posição do ultimo elemento armazena o valor zero (NULL) indicando que não há mais elementos nesta lista encadeada.

A Figura 17 apresenta o método utilizado para criar a lista de fibras. Cada fibra possui o primeiro elemento identificado pelo arranjo HEAD, e este elemento aponta para a posição do elemento seguinte no arranjo LIST, até chegar ao ultimo elemento que armazena o valor zero (NULL), o último elemento desta lista encadeada.

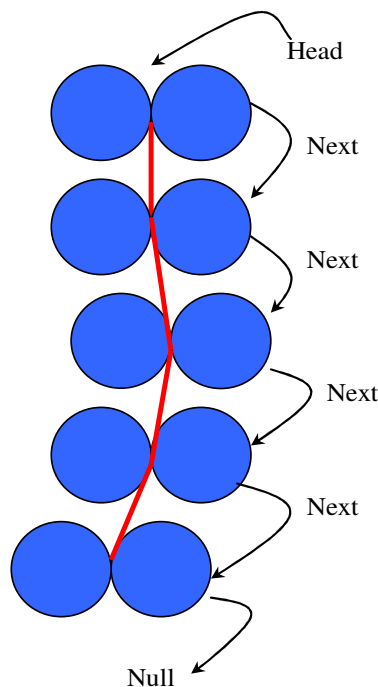


Figura 3: Modelo em 2D de uma amostra de solo reforçado

4.3.

Ciclo Computacional

O ciclo básico de cálculo consiste primeiramente na pesquisa dos pares em contato e dos contatos com as paredes. Em seqüência, faz-se aplicação da lei de força-deslocamento para atualização das forças atuantes e a integração das equações de movimento para cada elemento do sistema. A cada passo de tempo são obtidas as coordenadas e as grandezas cinemáticas dos elementos circulares. (Figura 18)

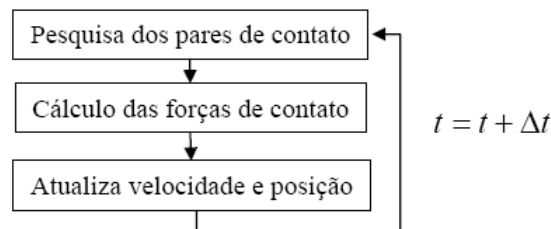


Figura 4: Ciclo computacional

A fibra de polipropileno possui alta resistência à tração, dessa forma tende a manter unidas as fibras que possuem em seus contatos um elemento fibroso. Dessa forma, para quantificar a força de tração exercida pela fibra nas partículas, usa-se as coordenadas dos elementos circulares calculadas a cada passo.