

1 Introdução

1.1. Definição do problema

A configuração geométrica de uma mina a céu aberto é de suma importância já que pode gerar problemas econômicos, operativos, sociais, etc. Os desenhos dos taludes devem, portanto, ser estáveis durante a vida útil da mina, incluindo as etapas de fechamento e restauração da mina.

Chama-se ângulo ótimo de um talude ao ângulo estável para um nível de segurança imposto pela mina segundo diversos fatores como: a escala do talude (bancada, Inter-rampa, global), as consequências da ruptura (econômicas, sociais, políticas regulatórias), etc.

Se o ângulo do talude for menor que o ângulo ótimo, vai significar um maior gasto no volume de escavação, transporte e tratamento do material escavado. Por exemplo, se tem calculado que para um talude de 50° e uma altura de 500 m. o incremento de 1° no talude resulta numa redução de aproximadamente 3600 m^3 (900 toneladas) de escavação por metro de comprimento (Read & Stacey, 2009). Se o ângulo do talude for maior que o ângulo ótimo (estável), o talude pode sofrer deformações excessivas fazendo o talude instável e perigoso, podendo afetar as operações da mina, inclusive com perdas de equipamentos e/ou humanas no caso de uma falha do talude.

Para taludes rochosos fraturados, nos quais as feições estruturais podem ter um papel importante no mecanismo de ruptura, a superfície de falha pode passar tanto pela rocha intacta como pelas discontinuidades. Os métodos de equilíbrio limite e de elementos finitos não representam bem o comportamento destes maciços rochosos, já que não permitem representar um grande número de discontinuidades.

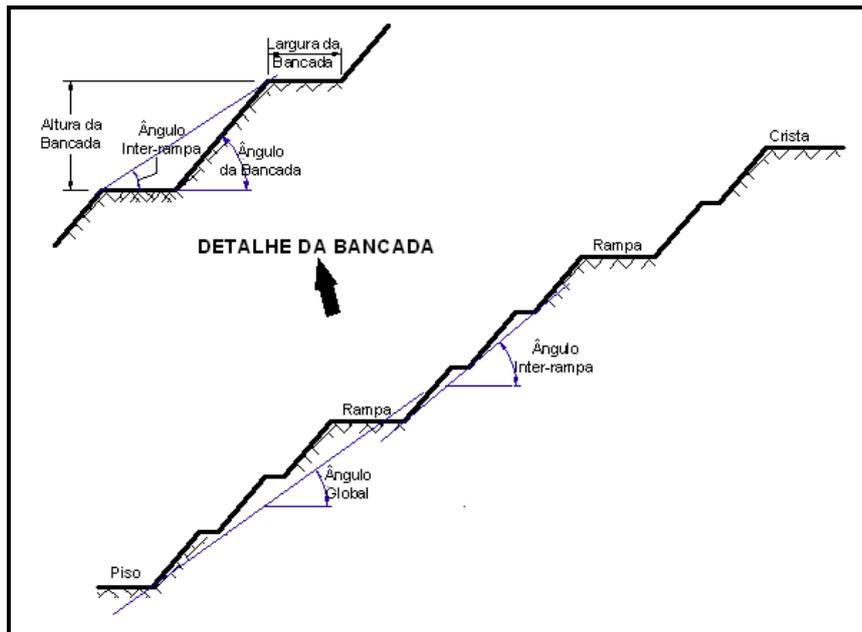


Figura 1.1 - Elementos geométricos típicos encontrados nos taludes de mina a céu aberto.

Os sistemas de fraturas no maciço rochoso são geometricamente complexos. A quantidade e qualidade da informação dos parâmetros geométricos, que são obtidos principalmente do mapeamento de afloramentos rochosos em áreas limitadas e de perfis das sondagens de diâmetros e profundidades limitadas, contêm um grande grau de incerteza.

Para reduzir essa incerteza, a representação das estruturas de menor escala do maciço rochoso é realizada utilizando o modelo estocástico *Discrete Fracture Network* (DFN) assumindo que os parâmetros geométricos das fraturas são estatisticamente distribuídos (Priest, 1993). A incerteza pode ser reduzida quando um número de realizações no DFN, baseado na função de distribuição probabilística dos parâmetros, são usados para modelar e simular o comportamento mecânico do maciço rochoso fraturado.

O método dos elementos discretos (DEM) apresentado por (Cundall & Strack, 1979) descreve o comportamento mecânico de um conjunto de partículas rígidas em forma de discos (2D) ou em forma de esferas (3D), unidos mediante contatos que podem ser quebrados. O método está baseado em um esquema numérico explícito no qual a interação das partículas é monitorada contato por contato e o movimento das partículas é modelado partícula por partícula. Este método tem a capacidade de modelar tanto as rochas intactas como as discontinuidades, assim como permitir a propagação das fraturas existentes e a

criação de novas fraturas. Devido à capacidade do método, a análise de estabilidade de taludes foi realizada utilizando o programa PFC^{2D}.

1.2.

Objetivo do trabalho

A primeira parte do estudo tem por objetivo caracterizar o depósito de minério considerando a geologia e as estruturas de grande escala e de menor escala encontrada no depósito. Para as estruturas de menor escala se utilizou a modelagem estocástica das fraturas usando o método DFN (*Discrete Fracture Network*). Utilizou-se o programa computacional Petrel 2010.1 para a modelagem da rede de fraturas. Também se modelaram as falhas de maior escala (determinísticas) encontradas no depósito (falhas lítricas) assim como a modelagem dos contatos entre as diferentes litologias encontradas no depósito.

A segunda parte tem por objetivo a análise da estabilidade de taludes usando a metodologia numérica SRM (*Synthetic Rock Mass*) tomando em conta o Volume Elementar Representativo (VER), que é definida como o volume mínimo de uma região de amostragem a partir do qual as propriedades mecânicas e hidráulicas permanecem essencialmente constantes (Long et al., 1982), ver figura 1.2.

Utilizou-se o PFC^{2D} (Itasca, 2008) como a ferramenta numérica básica para mostrar a metodologia a seguir. Esta metodologia SRM permite a modelagem explícita da rede de fraturas do maciço rochoso.

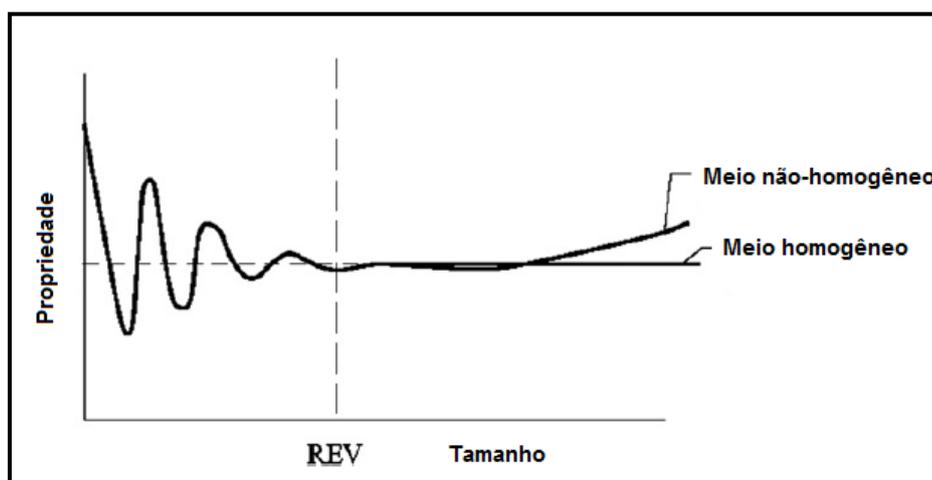


Figura 1.2 - Conceito do Volume Elementar Representativo (VER): (Hudson & Harrison, 1997).

1.3. Estrutura da pesquisa

Para dar uma visão geral da dissertação, se mostram os diagramas de fluxo do método SRM (Figura 1.3) e seus componentes principais: DFN (Figura 1.4) e PFC (Figura 1.5). A seguir também se apresenta uma descrição breve de cada capítulo.

A primeira parte apresenta a definição do problema na estabilidade de taludes rochosos, continua no capítulo 2 com uma revisão da literatura mostrando as técnicas disponíveis para caracterizar o comportamento do maciço rochoso fraturado para identificar algumas deficiências das metodologias praticadas na atualidade e para justificar o desenvolvimento da presente pesquisa assim como para saber que fatores precisam ainda ser desenvolvidos no futuro.

No capítulo 3 se apresenta a descrição do modelo geológico, que permite ter uma melhor compreensão da formação do depósito, e caracterizar as diferentes litologias, sua distribuição e natureza no depósito. No capítulo 4 se apresenta o desenvolvimento do modelo estrutural, que inclui a modelagem de falhas determinísticas encontradas no depósito (falhas lítricas), assim como a modelagem de falhas menores que pela sua natureza e o seu número são representadas estocasticamente mediante o bem conhecido *Discrete Fracture Network* (DFN).

No capítulo 5 se apresenta os componentes que formam o SRM, a representação da rocha intacta por meio do *Bonded Particle Model* (Potyondy & Cundall, 2004) e os defeitos estruturais do maciço rochoso gerado pelo *Discrete Fracture Network* (DFN) e inserido no SRM mediante o *Smooth-Joint Contact Model* (SJM).

No capítulo 6 se apresenta a criação do talude para analisar e os resultados da análise de estabilidade de algumas seções críticas. As conclusões e sugestões para futuras pesquisas são apresentadas no capítulo 7.

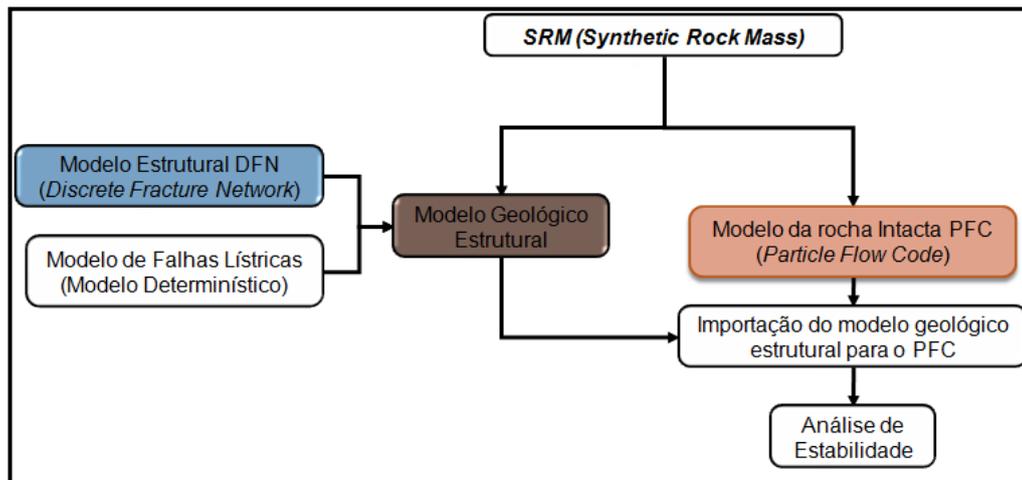


Figura 1.3. Diagrama de fluxo do método SRM.

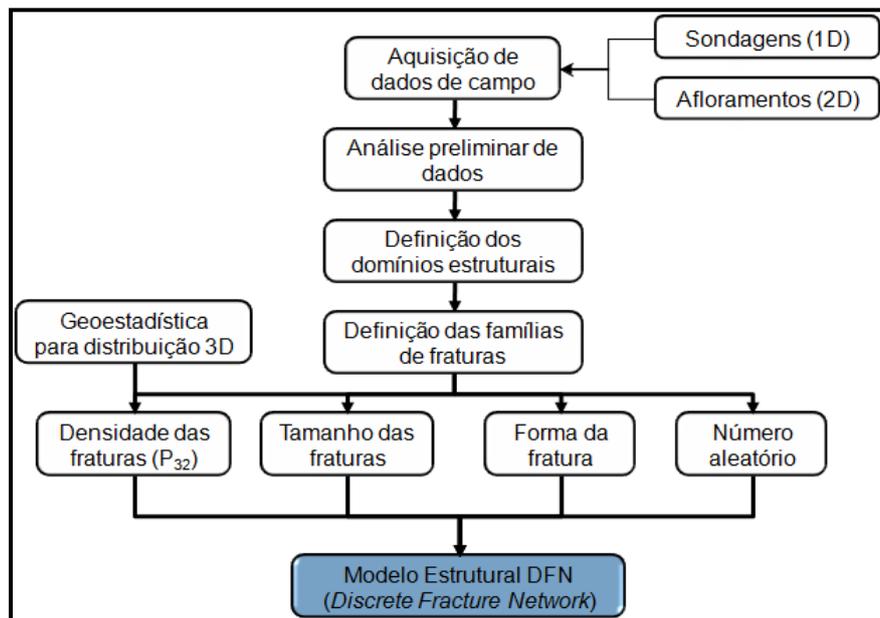


Figura 1.4 – Diagrama de fluxo do método DFN.

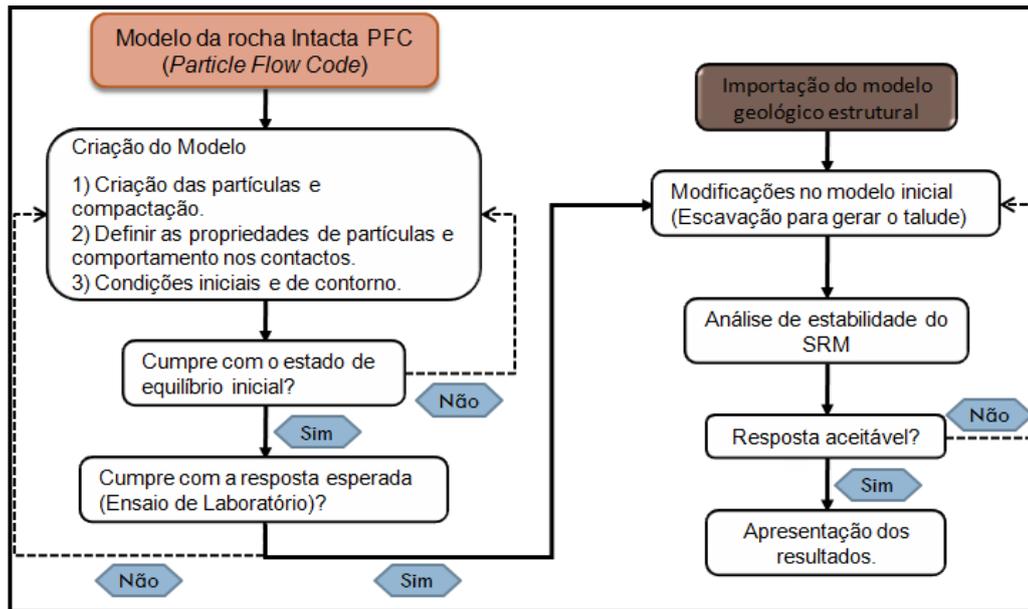


Figura 1.5 – Diagrama de fluxo do PFC.