

1

Introdução

A necessidade de conhecer o comportamento de encostas ante a ação de processos de infiltração de água tem levado os engenheiros geotécnicos a realizar simulações numéricas, para determinar a variação do fator de segurança do talude quando submetido a processos de chuva.

O processo de infiltração da água proveniente das chuvas no solo não saturado causa modificações nos valores da sucção. A redução da sucção acarreta perda de resistência não saturada. Com o processo de infiltração, taludes tornam-se saturados e ocorre o surgimento de poropressões positivas, que causam a redução dos valores de tensão efetiva no solo. Dessa maneira, torna-se fundamental a análise do fluxo, com a finalidade de aplicar os resultados obtidos desta análise na análise de estabilidade de taludes. Um programa numérico é desenvolvido, utilizando o método dos elementos finitos, para solução numérica da equação de Richards, na análise de fluxo saturado-não saturado, visando à aplicação dos resultados na análise da estabilidade de taludes.

A avaliação da estabilidade de taludes na prática é realizada utilizando o método de Equilíbrio Limite formulado por Terzaghi (1943). Este consiste em determinar se existe a resistência suficiente no talude para suportar as tensões de cisalhamento. Esta determinação é baseada em tentativas e erros, comparando as forças atuantes e resistentes na superfície de ruptura predeterminada.

Nas últimas décadas tem se estudado a Análise Limite aplicada em problemas de estabilidade de talude. A Análise Limite é baseada nos teoremas de limite inferior e superior (Chen, 1975) da plasticidade. A maior parte do trabalho relativo à estabilidade de talude por Análise Limite foi feito utilizando o teorema do limite superior (por exemplo, Chen e Giger, 1971; Chen, 1975; Karal, 1977a, b). Poucas soluções utilizando o teorema de limite inferior parecem ter sido obtidas para estabilidade de taludes. Contudo podemos nos referir a Lysmer (1970), Chen (1975), Basudhar (1976), Singh Basudhar (1993a, b), Farfan (2000) e Carrion (2005 e 2009) para aplicações do teorema de limite inferior.

A estabilidade de taludes por Análise Limite pelo teorema do limite inferior pode ser definida como um problema de programação matemática que busca maximizar ou minimizar uma função objetivo cujas variáveis, as tensões, estão restritas pelo critério de escoamento e por equações de equilíbrio, definindo um campo estaticamente admissível. Para a obtenção das equações de equilíbrio utiliza-se o Método de Elementos Finitos. Quando se formula o problema de análise limite com o método de elementos finitos o problema recai num problema de programação matemática. Segundo Carrion (2009), na prática existe uma falta de métodos eficientes para resolver o problema matemático de programação matemática.

Com o objetivo de tornar eficiente a solução do problema de programação matemática no presente trabalho optou-se por formular o problema de otimização no espaço cônico quadrático.

Finalmente a Análise de Confiabilidade é desenvolvida, isto devido a que as propriedades dos solos são variáveis aleatórias. As formulações dos métodos de Monte Carlo e FORM (*first order reliability method*) são implementadas utilizando uma superfície de resposta para representar a função de falha em função das variáveis aleatórias.

O objetivo principal desta tese é a determinação do índice de confiabilidade associado ao deslizamento de taludes. Para esse fim utiliza-se a Análise Limite formulada no espaço cônico quadrático e utilizando o critério de Mohr Coulomb como critério de escoamento. Esta análise é realizada considerando a redução dos valores de sucção devido ao processo de infiltração de água mostrando a evolução da estabilidade do talude ao longo do tempo, com o avanço da frente de infiltração.

A estrutura da tese é de sete capítulos:

No segundo capítulo são introduzidos conceitos básicos associados aos critérios de resistência da estabilidade de taludes. São citados modelos constitutivos aplicados a solos secos, saturados e não saturados.

No terceiro capítulo são introduzidos conceitos básicos associados ao fluxo saturado-não saturado, curva característica, função de condutividade hidráulica e equação de Richards. Também são apresentados brevemente os aspectos relacionados aos detalhes da implementação computacional do fluxo de água em meios saturados e não saturados.

O quarto capítulo apresenta um resumo de alguns conceitos dos teoremas de Análise Limite e suas formulações pelo Método de Elementos Finitos. Inclui-se a transformação do problema de otimização no espaço cônico quadrático.

O quinto capítulo refere-se aos conceitos básicos da estatística e os métodos de Monte Carlo e FORM. Um processo de determinação de função de falha mediante superfície de resposta é apresentado.

O sexto capítulo apresenta a aplicação da Análise Limite e Análise de Confiabilidade mediante o estudo de casos históricos de instabilidades de taludes devido à infiltração de água

No oitavo capítulo são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.