

6

Considerações Finais

6.1.

Conclusões

A partir da análise dos resultados das simulações de ensaios biaxiais apresentados nos capítulos anteriores foi possível compreender o comportamento mecânico de solos reforçados com fibras e as conclusões estão apresentadas neste capítulo final.

A revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2 apontou claramente que a inclusão de fibras ao solo proporciona uma melhoria das propriedades mecânicas, de um novo material geotécnico com características próprias, fortemente influenciadas pelas características do reforço.

Conhecendo-se os fenômenos teóricos do comportamento mecânico dos solos reforçados, objetivou-se adotar um método de modelagem numérica e a partir disso, desenvolver uma ferramenta de simulação que incluísse estes fenômenos.

O objetivo desta pesquisa foi modelar os fenômenos que ocorrem no solo quando são inseridos elementos de reforço em uma micro-escala, no nível das partículas, não sendo necessário uma troca de escalas, pois a modelagem é realizada na escala das partículas. Por tal motivo, foi definida a utilização do Método dos Elementos Discretos (MED).

A inclusão do fenômeno presente em solos reforçados com fibras propõe a formulação matemática do reforço levando em consideração sua adaptação às condições geométricas do meio discreto. Dessa forma, foi necessária a formulação e implementação de um elemento virtual que simulasse os efeitos que a fibra imprime aos solos.

Num primeiro momento foi realizada a calibração do modelo, ou seja, dos seus parâmetros. Para isto adotou-se o ensaio triaxial de Casagrande (2005) como referencial para a calibração dos parâmetros de rigidez e amortecimento do modelo.

Inicialmente foi realizada a validação do modelo discreto para testar a capacidade do modelo reproduzir o comportamento de solos granulares, observando a influência do confinamento, a evolução da resistência com o deslocamento, o comportamento volumétrico, valores de pico e residuais.

A validação do modelo apresentou resultados coerentes com os resultados experimentais. No entanto, foi verificada uma limitação com relação à geometria das partículas, que quando representadas apenas por discos induzem a uma discrepância no valor do ângulo de atrito e no atrito entre as partículas. Devido a tais limitações, foi observado que o modelo é mais compatível quando simulado para amostras mais densas. Dessa forma, o modelo discreto apresentou-se eficiente para a simulação do comportamento mecânico de solos granulares, no entanto devem ser realizadas melhorias na representação dos grãos para melhorar sua coerência com os resultados experimentais.

A partir das simulações foram obtidas as curvas de resistência em função da deformação axial e de deformação volumétrica em função da deformação axial, sendo possível obter algumas conclusões, tais como:

- Há acréscimo de resistência, em relação ao solo sem reforço, no material reforçado;
- A resistência do solo aumenta com o aumento da tensão confinante.

Com base nas envoltórias de ruptura determinadas a partir dos resultados dos ensaios biaxiais, as seguintes conclusões são definidas:

- Os parâmetros de resistência do material reforçado apresentam-se melhores do que os parâmetros do solo sem adição de fibras;
- As envoltórias de resistência do material reforçado apresentam-se de forma bi-linear, onde provavelmente ocorre mudança no comportamento do material;
- A adição de fibras promove ao compósito uma coesão, não apresentada no solo sem reforço.

Por fim, as curvas q versus p' em função da tensão equivalente, mostraram que ocorre uma ampliação da superfície de Hvorslev com a adição do reforço de fibras.

6.2.

Sugestões para Trabalhos Futuros

O presente trabalho abordou a questão da modelagem micro-mecânica discreta de solos reforçados, que constitui uma linha de pesquisa ainda pouco explorada. Algumas sugestões, para a ampliação do conhecimento e o prosseguimento dos estudos sobre o reforço de solos com fibras a partir de simulações numéricas, são citadas:

- Simulação de ensaios em três dimensões;
- Representação dos grãos em novas geometrias, pois isso tornaria menos divergente os valores a ângulos de atrito, e diminuiria a rotação dos elementos;
- Representação das fibras de forma mais coerente com a realidade, apresentando forma e propriedades mais definidas;
- Simulação de outros ensaios, como o ensaio de cisalhamento direto, para definir de forma completa as superfícies limite do material reforçado com fibras.