

5. Considerações Finais

5.1. Conclusões

Segundo os resultados apresentados e analisados nos capítulos anteriores, serão apresentadas as conclusões às quais se chegou, neste capítulo final. Vale lembrar que algumas delas já foram, de algum modo, mencionadas no decorrer do presente trabalho.

A influência da adição de fibras de coco ao solo propicia o desenvolvimento de um novo material geotécnico com características próprias, o que pode ser observado pela melhora do comportamento do compósito.

São apresentadas as principais conclusões relacionadas à adição de fibras de coco com relação ao comportamento do solo reforçado, segundo o formato de colocação do reforço, submetido a grandes deformações; segundo o ponto de vista dado no programa experimental, executado a partir de ensaios de placa em verdadeira grandeza, aplicando tensões de até 1490 kPa.

5.1.1. Conclusões Gerais

- ✓ A adição de fibra de coco como material de reforço de solo melhora o comportamento carga-recalque do compósito;
- ✓ A adição de fibra de coco influi na mudança do mecanismo de ruptura da areia, de uma ruptura localizada a uma ruptura por puncionamento;
- ✓ As curvas tensão versus recalque, demonstraram o ganho de resistência ao cisalhamento da areia misturada com fibra de coco. Pode-se observar que para maiores solicitações de carga, a mobilização das fibras impede a propagação das fissuras com a consequente diminuição dos recalques;

- ✓ A areia úmida sem reforço mostrou trincas de tração verticais, que se propagaram da base para o topo da camada, especialmente na borda da placa. Já o reforço com fibras de coco (manta e aleatória), mudou completamente o comportamento, a ruptura ocorreu pela formação de faixas de cisalhamento ao redor da borda da placa permitindo que as tensões espalhassem-se por uma área maior na interface da camada subjacente;
- ✓ A disposição das fibras em manta conseguiu uma melhor distribuição das tensões, diminuindo consideravelmente os recalques comparado com uma areia sem reforço;
- ✓ A inserção de fibras aleatoriamente na areia conseguiu uma melhor inibição na propagação das fissuras;
- ✓ Ambos os formatos de disposição de fibras podem ser utilizados na mesma obra geotécnica, com a finalidade de otimizar a qualidade e diminuir os recalques e a propagação das fissuras;
- ✓ Foi utilizada uma areia com 50% de densidade relativa em todos os ensaios, segundo a literatura com o aumento do grau de compactação as fibras permanecem mais ancoradas aos grãos da areia, portanto podemos concluir que com uma maior densidade do solo, podemos atingir resistências maiores;
- ✓ Os resultados satisfazem o objetivo da dissertação, a areia reforçada com fibras de coco possui qualidades adequadas para possíveis empregos destas tanto em *liners* de cobertura de aterros sanitários como também em aterros sobre solos moles, aprimorando a diminuição das deformações diferenciais excessivas ocasionadas nestes aterros.
- ✓ O trabalho tem relevância e originalidade por usar fibras de coco em ensaios de previsão de recalque às quais comparadas com outras pesquisas demonstraram que são ótimas para os fins já mencionados.

5.1.2. Conclusões com relação às fibras inseridas em manta

- ✓ A manta de fibra de coco tem melhores qualidades do que a colocação aleatória da fibra quando se compara a diminuição dos recalques com o acrescentamento de carga;
- ✓ A disposição em manta demonstrou ser um bom complemento para materiais granulares que apresentam pouca resistência à tração. A manta atua como um elemento de confinamento dos grãos de areia, permitindo distribuir as tensões locais, essa característica acrescenta a capacidade de suporte e a estabilidade da areia;
- ✓ As deformações encontradas na manta após a exumação do ensaio 3 demonstraram que o reforço apresentou um mecanismo de membrana que aparece quando o reforço se deforma formando uma curva para cima pela redistribuição das tensões.

5.1.3. Conclusões com relação às fibras inseridas aleatoriamente

- ✓ O reforço de fibra de coco colocado aleatoriamente muda o mecanismo de ruptura da areia, passando de uma ruptura localizada a uma ruptura por puncionamento, a mobilização das fibras influi no aumento da resistência à tração do compósito impedindo a propagação de fissuras, “segurando” o solo fora da placa;
- ✓ O comportamento carga-recalque da areia sem reforço e com reforço de fibra aleatória é similar somente no início do carregamento, até o momento em que a mobilização das fibras colocadas na matriz se mostram mais efetivas, a partir de certo nível de recalque e carga aplicada;
- ✓ As fibras colocadas aleatoriamente trabalham sob o efeito de ancoragem, proporcionado pelas fibras ancoradas nos dois lados da superfície de cisalhamento, portanto, evitando esse desenvolvimento de fissuras, se consegue um acréscimo de resistência;

- ✓ A inibição da propagação de fissuras nas zonas afastadas da placa de aço comprova que as fibras colocadas aleatoriamente distribuem as tensões em uma área maior evitando a concentração de tensões na área de carregamento.

5.2.Sugestões para futuros trabalhos

No desenvolvimento da pesquisa, conforme apareciam dificuldades no decorrer dos ensaios, também surgiam ideias, foi assim que com a finalidade de melhorar os procedimentos, o grupo de pesquisa, foi combinando soluções imediatas para não afetar o cronograma experimental.

Na execução das soluções muitas possibilidades podem ser deixadas para trás podendo existir alguma alternativa não contemplada até então e que poderia ser feita pelo leitor que utilize como referência o presente trabalho.

Além de que os resultados dos ensaios contestam afirmativamente à pergunta implícita de se as fibras de coco podem ser consideradas como material de reforço de solo, essa resposta cria novas perguntas, portanto em virtude disso, podem ser feitas algumas sugestões para a ampliação do conhecimento e a continuidade dos estudos sobre o uso da fibra de coco como material de reforço, em trabalhos futuros citados a seguir:

- ✓ Investigar métodos de impermeabilização de materiais orgânicos, pois o principal problema da fibra de coco é a degradação, portanto conseguir a impermeabilidade da fibra retribuirá na prolongação do tempo de vida útil, além de que poderia melhorar as propriedades de resistência à tração;
- ✓ Desenvolver modelos constitutivos para análise numérica (utilizando programas fundamentados no método dos elementos finitos) que reproduza o comportamento de solos reforçados com fibras de coco, o que é de fundamental importância para a simulação de obras geotécnicas, em especial aterros sobre solos moles e cobertura de aterros sanitários;

- ✓ Avaliar a influência de outros tipos de fibras naturais, procurando novas alternativas de reforço utilizando como fibras, especialmente os materiais que sejam resíduos de processos industriais;
- ✓ Utilizar células de tensão total nos ensaios de placa de carga em verdadeira grandeza, distribuídas em diferentes profundidades para avaliar a influência do reforço nesses pontos, e fazer comparações com as tensões estimadas pela teoria de elasticidade;
- ✓ Realizar ensaios triaxiais e *ring shear* avaliando uma faixa maior de teores de fibra e densidades relativas, para determinar a variação das propriedades mecânicas de resistência do material compósito;
- ✓ Realizar outros ensaios de placa em verdadeira grandeza com diferentes teores de fibra e outras densidades relativas para aprofundar a pesquisa.