1
Introdução

1.1.
A necessidade de se reforçar os solos

Um dos muitos desafios dos engenheiros geotécnicos é garantir, através de um projeto de engenharia, que um determinado solo resista mecanicamente às solicitações estimadas. Muitas vezes, tais solicitações estão além da capacidade de resistência do solo sobre o qual se quer construir e então, é necessário que ocorra algum tipo de intervenção.

Dentre as opções de intervenção com a qual os engenheiros geotécnicos têm à disposição, podemos citar a possibilidade de remover o material existente no local e substituí-lo por outro com características adequadas ou, modificar e melhorar as propriedades do solo existente por meio de compactação mecânica, estabilização por processos químicos ou também, a adição de algum elemento de reforço, tais como geotêxteis, grelhas, tiras ou fibras.

A introdução de um elemento de reforço como tiras ou fibras resulta em um material conhecido como compósito, na verdade, trata-se da união de dois materiais com propriedades distintas (o solo e o elemento de reforço), que juntas, adquirem propriedades distintas das propriedades de seus constituintes individualmente. Uma revisão mais detalhada sobre materiais compósitos será vista mais à frente, no capítulo 2.

Os compósitos formados por solo e fibra têm sido muito estudados em diversas regiões do planeta. Em geral, as fibras contribuem para o aumento da resistência do compósito, uma vez que lhe confere um aumento de tenacidade (capacidade de resistir a propagação de fissuras pré-existentes) fazendo com que assim, o material apresente uma maior resistência a esforços de tração.

Muitos são os tipos de fibra estudados. As fibras podem ser divididas em dois grandes grupos, as fibras sintéticas e as fibras naturais. As fibras sintéticas são compostas por materiais artificiais e têm a vantagem de possuírem propriedades constantes e bem definidas, de não se deteriorarem e de serem fácil

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

de manusear. Já as fibras naturais, das quais podemos dizer que são em sua ampla maioria de origem vegetal, não apresentam a mesma constância em suas propriedades, tais como as fibras sintéticas e, além disso, são materiais sujeitos à degradação biológica. Todavia, as fibras vegetais podem apresentar propriedades mecânicas muito adequadas para esse tipo emprego. As propriedades mecânicas variam muito dependendo dá espécie da qual se extraiu a fibra e, as vezes, podem variar consideravelmente, mesmo se tratando de uma mesma espécie (detalhes sobre as propriedades das fibras vegetais serão vistos no capítulo 2)

Uma vantagem crucial em favor do uso de fibras vegetais em materiais compósitos está na preocupação com a sustentabilidade. A redução do uso de material sintético, que implica na redução do gasto de energia para produzi-lo, associado ao fato de que, muitas vezes, a fibra vegetal em questão possa ser um resíduo do consumo de alguma espécie vegetal, faz com que estudos dedicados em obter conclusões sobre a viabilidade do uso das mesmas se torne algo mais interessante.

A fibra de coco verde é a protagonista desta dissertação. Essa fibra vegetal é extraída da casca do coco verde (o coco do qual se bebe a água, em especial, na orla das grandes cidades litorâneas do Brasil). Como se verá mais a frente, a maior parte da massa do coco está em sua casca, casca essa que não possui valor comercial e é descartada em lixões, vazadouros, aterros sanitários, etc. Devido ao alto consumo da água de coco, no Brasil e no mundo, o volume de resíduo decorrente desta prática comercial é bastante grande.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

1.2. Sobre o consumo do coco, seu resíduo e metano gerado.

As características e propriedades, bem como dados da produção e consumo do coco verde no mundo serão apresentadas no capítulo 2. Neste capítulo, entretanto, será mostrado o potencial de geração de resíduo deste insumo. Passos (2005) realizou uma análise para estimar a quantidade de resíduo gerado com as cascas do coco verde na cidade do Rio de Janeiro.

No ano de 2002, o município do Rio produziu 3,15 milhões de unidades de coco (não havendo aqui uma distinção entre coco verde e coco maduro), enquanto que a região metropolitana do Rio produziu 23,19 milhões de unidades. Esta

quantidade não representa, seguramente, o consumo efetivo na cidade, pois parte do que é produzido em outras regiões do estado do Rio de Janeiro e no nordeste do Brasil, este último responsável por cerca de 70% da produção nacional, também é destinado ao município do Rio. Entretanto, como não havia dados disponíveis sobre o volume exato comercializado optou-se por utilizar os valores da produção municipal e da região metropolitana. Neste sentido, as estimativas realizadas foram subdimensionadas, uma vez que se considerou apenas a produção no município e na região metropolitana e não o consumo efetivo.

A tabela 1.1 mostra a estimativa diária de lixo coletado no Brasil e no município do Rio de Janeiro

Tabela 1.1 – IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2000)

Quantidade diária de lixo coletado (t/dia)

Unidade de destino final do lixo coletado	Brasil	Municipio do Rio de Janeiro
Vazadouro a céu aberto (lixão)	47 392	-
Vazadouro em áreas alagadas	237	-
Aterro Controlado	34 723	1 951
Aterro Sanitário	64 164	6 124
Estação de compostágem	6 534	268
Estação de triagem	2 249	-
Incineração	510	-
Locais não-fixos	878	-
Outros	1 018	-
Total	157 708	8 343

Estimando que cada coco gera em média 1,5kg e que todo fruto é consumido ainda verde, a produção municipal teve o potencial de gerar naquele ano, 4,72 mil toneladas de cascas de coco. A geração diária de lixo, segundo os dados da tabela 1.1 (IBGE, 2000) foi de 8.343 toneladas, o que corresponde a 3.045.195 toneladas anuais. Cruzando-se esses dados, pode-se dizer que 0,15% do lixo gerado no município do Rio foi referente a casca de coco verde da produção municipal. Considerando que a produção da região metropolitana daquele ano tenha sido inteiramente consumida no município do Rio, pode-se estimar que 1,14% do lixo gerado no município tenha sido proveniente das cascas de coco verde.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

Esses números dão uma ideia do enorme volume de resíduo decorrente do consumo de coco verde no município do Rio. O consumo deste fruto é consideravelmente alto em grandes cidades litorâneas, já que é amplamente comercializado nos quiosques próximos a praia (Figura 1.2)

Figura 1.1 - Consumo de coco verde na orla do Rio de Janeiro e geração de resíduos decorrente desta atividade

As cascas de coco verde, como toda a matéria orgânica residual, quando destinadas em aterros, sob condições anaeróbicas, provocam a emissão de metano, um dos mais importantes gases de efeito estufa, responsável pelo aquecimento global. Além disso, diminuem a vida útil dos aterros sanitários, onde são descartadas.

No Brasil não há o aproveitamento considerável do metano produzido, que é lançado in natura na atmosfera. Quando há disposição dos resíduos em vazadouros pode ocorrer, também, a contaminação de solos e corpos d'água (Passos, 2005).

O descarte deste resíduo implica na ocorrência de alguns problemas, dentre os quais podemos citar:

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

- Poluição Ambiental;
- Focos de insetos, mau cheiro e riscos de doenças;
- Emissão de metano (gás de efeito estufa);
- Diminuição da vida útil dos aterros sanitários;
- Desgaste político/gerencial, como decorrência do suja limpa, limpa suja;
- Aumento dos custos da limpeza urbana.

1.3. Beneficiamento da fibra de coco

Segundo Dias et al., (2012), a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, tendo conhecimento destes fatos, vem realizando um Projeto Piloto de coleta seletiva Coco Verde, que teve início em 28/01/2011, coordenado pela Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC) e com a participação da Companhia de Limpeza Urbana (COMLURB) e da Secretaria de Conservação e Serviços Públicos (SECONSERVA) que realiza a segregação, coleta e a entrega à empresa ECOFIBRA, para beneficiamento da fibra da casca de coco verde e seus derivados.

O resultado deste projeto, até dezembro de 2011, foi a coleta de 720,32 toneladas (uma média de 20,00 t por final de semana), dados fornecidos pela COMLURB (Companhia de Limpeza Urbana).

O processo de desfribração do esocarpo para obtenção da fibra de coco verde pode ser feito por maceração em água ou por processos mecânicos (Figura 1.3).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

Figura 1.2 - Maquinário de beneficiamento de casca de coco verde (Rosa et al, 2004)

1.4. Objetivo da pesquisa

O objetivo deste trabalho é averiguar as propriedades mecânicas de compósitos constituídos de um solo argiloso coluvionar e fibras de coco verde procedentes da empresa ECOFIBRA, a fim de se saber se existe algum ganho de resistência ao cisalhamento em comparação com a resistência do solo puro, abrindo a possibilidade de se criar uma destinação mais nobre para este resíduo.

Não é objetivo deste trabalho estudar as propriedades hidráulicas decorrentes da introdução deste tipo de fibra no solo. Também não é objetivo estudar a durabilidade deste material frente a agentes biológicos ou qualquer outro que possa causar a sua decomposição, assim como a pesquisa de substancias ou tratamentos que possam prolongar a vida útil das fibras usadas nos compósitos.

1.5. Desenvolvimento da Pesquisa

A presente pesquisa foi executada em cinco etapas, a seguir descritas: (1) justificativa e objetivos da pesquisa; (2) revisão da literatura existente sobre o assunto; (3) planejamento e execução do programa experimental de; (4) análise e discussão dos resultados e (5) conclusão e sugestões para futuros ensaios. Ao final encontra-se um apêndice no qual são explicados os procedimentos e critérios adotados nos ensaios de laboratório.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA

A primeira etapa consistiu na discussão a respeito das necessidades de se reforçar um solo e dos problemas causados pela geração de resíduos derivados do consumo do coco verde. Abordou sucintamente sobre o beneficiamento da casca do verde e ao final, expôs os objetivos da pesquisa.

A segunda etapa consistiu na revisão da literatura existente, nacional e internacional, a respeito do tema deste trabalho, dando foco a estudos sobre comportamento e propriedades de compósitos reforçados com materiais fibrosos e sobre propriedades das fibras vegetais, em especial, as fibras da casca do coco verde.

A terceira parte é apresentada a descrição do programa experimental de laboratório, com a apresentação dos métodos utilizados, a definição dos materiais e equipamentos utilizados na pesquisa e os detalhes a cerca da preparação dos corpos de prova.

Na quarta etapa são apresentados os resultados obtidos e feitas as análises e discussões referentes aos ensaios de laboratório, buscando quantificar os ganhos de resistência mecânicas dos compósitos reforçados com a fibra de coco.

A síntese de todo o conhecimento adquirido é apresentada no Capítulo 5, onde estão dispostas as principais informações coletadas durante as etapas anteriores, apresentando-se as conclusões do trabalho e feitas sugestões para as próximas pesquisas.

E finalmente, no final deste volume, encontra-se um apêndice com as metodologias de cálculo e os critérios adotados nos ensaios de compactação e nos ensaios triaxiais realizados.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1112042/CA