

5. Conclusões e Sugestões

Esta dissertação avaliou a influência na adição, em matrizes de solo, de fibras vegetais (curauá e sisal) com comprimentos de 25 e 35 mm, adicionados em 0,5% e 1%, além da adição de 4 e 6% de cimento, em peso de solo. Sob carregamento estático, foram moldados e extraídos espécimes cilíndricos (50x100 mm). Ensaio de absorção d'água, de compressão simples e diametral avaliaram a durabilidade e resistência dos compósitos. Os resultados dos experimentos, após a compilação e análise, permitiram as conclusões apresentadas. As sugestões se baseiam na observação de lacunas de dados e informações, julgadas úteis e essenciais para o melhor entendimento da interação fibra/matriz de solo e norteiam futuros trabalhos sobre este tema.

5.1. Conclusões

A aferição do diâmetro das fibras vegetais utilizando uma lente com régua graduada com magnificação de 10x (fissurômetro) não se mostrou uma metodologia adequada, embora os dados obtidos se intercalem com as informações disponíveis na literatura. Os coeficientes de variação (CV) foram elevados, 50,89% para fibras de curauá e 31,37% para fibras de sisal. O CV das fibras de curauá pode indicar a variabilidade do diâmetro deste tipo de fibra ao longo de seu comprimento, que entre outros, influenciará na interface fibra/matriz.

Os dados obtidos da medição massa específica das fibras se apresentaram condizentes com a literatura pesquisada. Destacando que as fibras de curauá apresentam índices superiores às fibras de sisal (12%), demonstrando uma maior presença de estrutura sólida, o que pode indicar uma maior resistência mecânica, conforme afirma Picanço (2005).

O índice de absorção d'água obtido pela metodologia desenvolvida apresentou valores superiores ao procedimento sugerido por Tôledo Filho (1997), indicando a forte influência da taxa de absorção do papel utilizado no ensaio. A comparação entre os resultados dos ensaios demonstra diferenças significativas, para o caso das fibras de curauá, a diferença é quase o dobro. Independentemente do procedimento experimental adotado, observou-se que a taxa de absorção das fibras ocorre mais intensamente nos primeiros minutos de imersão, estabilizando-se nas horas subsequentes. Fibras de curauá atingem 82,6% e as fibras de sisal 67,7% de sua capacidade de absorção nos 5 primeiros minutos.

Os ensaios de compactação estática em moldes cilíndricos (50x100 mm) se mostraram adequados para estimativa da umidade ótima, observando que o comportamento das curvas foram condizentes à teoria. O solo argiloso apresentou curvas achatadas, enquanto o solo arenoso apresentou curvas com um máximo proeminente. Quando houve variação da energia de carregamento alterou-se a densidade seca máxima concomitantemente com a umidade ótima.

Na análise da influência da estabilização química nas matrizes de solo, os resultados demonstram o expressivo acréscimo de rigidez e resistência final conforme houve a adição de cimento. Os espécimes argilosos, em estado seco, apresentaram resistências últimas superiores aos arenosos, porém, em condição saturada o comportamento foi inverso. A redução de resistência para as matrizes argilosas foi de aproximadamente 58%, compósitos arenosos reduziram em torno de 30% e compósitos fibrosos (matrizes argilosas e arenosas) tiveram uma redução com índices médios de 40%. Os dados indicam que matrizes arenosas, estabilizadas com cimento, se comportam mais satisfatoriamente a ação da água que matrizes argilosas, visto que a redução atingiu níveis mais baixos.

Quanto a adição de reforço fibroso em solos argilosos, submetidos à compressão simples e diametral, a fração “ótima” para fibras de sisal e curauá, com comprimento de 25 mm, varia entre 4 e 8%. Para elementos sujeitos a tração, teores de fibra acima de 1% podem gerar compósitos mais resistentes. É evidente que, recomendações quanto ao comprimento e fração volumétrica “ideais”, devem levar em consideração a sollicitação mecânica ao qual o elemento de terra estará submetido, as características físicas e químicas da matriz e fibras, além das condições ambientais aos quais os compósitos estarão submetidos.

Além de crescer na capacidade resistiva, as fibras vegetais transmitiram ductibilidade e resistência pós-fissuração (tenacidade) para as matrizes de solo. Nas matrizes argilosas as adições de fibras de curauá proporcionaram o enrijecimento de todos os compósitos submetidos à compressão simples, já para as fibras de sisal observa-se o comportamento inverso, mais acentuado para fibras com comprimento de 35 mm. Porém para os compósitos sujeitos a compressão diametral, as fibras de sisal e curauá de 35 mm aumentaram a rigidez, em virtude de um maior número de pontos de contato, proporcionado por fibras mais longas, melhorando a distribuição de tensão da matriz para as fibras.

Para as matrizes arenosas, a adição do reforço fibroso ocasionou a queda da rigidez dos compósitos, tanto a compressão simples quanto a diametral. Para as fibras de sisal observa-se um melhor comportamento para fibras longas (35 mm), já para as fibras de curauá os melhores resultados foram obtidos dos compósitos com fibras de 25 mm. Em geral, para as fibras de sisal, o acréscimo na fração volumétrica aumentou a resistência final à compressão simples (1% sob 0,5%). Para as fibras de curauá, se nota-se o aumento de resistência dos compósitos com adições de 0,5% sob adições de 1%. Para a compressão diametral as maiores resistências foram obtidas em compósitos com maiores quantidades de fibras.

Contrariamente ao relatado por muitos pesquisadores, a adição de reforço fibroso não proporcionou o aumento da porosidade dos compósitos. A estabilização mecânica criou tensões internas que comprimiram as fibras vegetais, gerando regiões interfaciais (fibra/matriz) mais densas e homogêneas, impedindo o inchamento das fibras com a absorção d'água. Os resultados demonstram que a taxa de absorção para os espécimes argilosos se manteve sob um mesmo patamar de 20%, enquanto compósitos arenosos a uma taxa de 14%.

Os resultados obtidos demonstram que os métodos de estabilização, utilizadas nesta pesquisa, interagem e se complementam. A estabilização química permitiu o enrijecimento e acréscimo na resistência dos compósitos. A estabilização mecânica conduziu a espécimes de menor porosidade, permitindo uma melhor interação entre fibra/matriz. Por fim, a estabilização física proporcionou o enrijecimento da matriz de solo, observado pelo acréscimo de resistência em pequenas deformações, além do aumento na capacidade de absorção de energia pós-fissuração, impedindo a ruptura frágil comum em matrizes sem fibras.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

- Existe a necessidade de obtenção de mais informações sobre as características físicas e mecânicas das fibras vegetais. Tais como: diâmetro, massa específica e índice de absorção, resistência à tração, módulo de elasticidade e resistência de aderência interfacial com a matriz de solo. Além de observações e análises em nível microscópico da interação fibra/matriz.
- Propõe-se também um estudo mais abrangente sobre as curvas de compactação geradas pela metodologia utilizada (compactação estática), com uma maior variedade de solos, considerando a influência do atrito gerado entre a parede do molde e o solo compactado. Além da análise da estrutura das argilas presentes no solo após a compactação, sobretudo em relação à resistência mecânica e taxa de absorção capilar de espécimes moldados no ramo ascendente e descendente da curva.
- Estudos da influência da estabilização química por polímeros naturais (óleo de mamona, linhaça, babosa e palma) em matrizes de solo.
- Avaliação da durabilidade dos compósitos, incluindo ensaios acelerados e por exposição em ambiente natural. Além de estudos que enfoquem tratamentos para minorar problemas de degradação.
- Correlação entre os dados obtidos nos espécimes cilíndricos e em espécimes prismáticos (Blocos de Terra Comprimida), considerando como parâmetros de influência, a forma e o tamanho.