

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA MISTURA SOLO-CIMENTO REFORÇADO COM FIBRA SINTÉTICA PARA USO EM ESTRADAS FLORESTAIS

Carlos Cardoso Machado¹, Dario Cardoso de Lima², Roberto Mauro de Almeida³

RESUMO - O trabalho têm como objetivo analisar o comportamento da mistura solo-cimento reforçada com fibra sintética, com base nos ensaios de CBR e de compressão simples, visando o seu emprego em estradas florestais. No experimento, trabalhou-se com um solo arenoso (Saprolito de gnasse), cimento portland no teor de 2% e 4%, fibra de polipropileno no qualitativo de 0,5% e comprimento variável considerando-se as energias de compactação dos ensaios Proctor Normal e Intermediário. Analisando-se os resultados, pode-se concluir que o uso da mistura solo-cimento reforçado com fibra sintética houve um ganho acentuado no índice de CBR, e a expansibilidade da mistura e do solo natural praticamente se mantiveram inalterados.

Palavras-chave: Estradas florestais, mistura solo-cimento, fibra sintética.

¹ Departamento de Engenharia Florestal - UFV- 36.571-000- Viçosa-MG.

² Departamento de Engenharia Civil -UFV- 36571-000- Viçosa-MG.

³ Bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq -UFV- 36571-000- Viçosa-MG.

COMPORTMENT STUDY OF THE SOIL-CEMENT MIXTURE REINFORCED WITH SHYNTETIC FIBER TO USE IN FLOREST ROAD

ABSTRACT - The purpose of this study was to analyse the behaviour of the soil-cement mixture reinforced with synthetic fiber considering the CBR and single compression laboratory testing aiming at forest road applications. The laboratory procedure testing a sand soil stabilized with 2% and 4% of cement portland and 0,5% of randomly distributed synthetic fiber. Data support that soil-cement reinforced with synthetic fiber was responsible increasing CBR value and to preserve the same expansibility index.

Key Words: Forest road, soil-cement mixture, shyntetic fiber.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista que grandes áreas do território brasileiro são cobertos por solos que, em seus estados naturais, não possuem o requisito para serem usados em muitas obras de estradas, e também, o alto custo de implantação e manutenção destes, torna-se necessário lançar mão de alternativas de melhoria das características mecânicas destes solos. A ação das fibras determina um comportamento reológico particular ao fibrossolo, quando comparado ao solo isoladamente. Essas modificações refletem no seu aumento de capacidade de carga e na modificação de sua resistência à compressão simples (Silva, 1995; Bueno, Lima e Machado 1994). O mecanismo de interação solo-fibra ainda não se encontra esclarecido em bases racionais. Acredita-se que a presença de fibras cause microancoragem no interior da massa, por meio de atrito e aderência, que se desenvolve nos contatos fibra-solo circundantes, e que proporcionam ganho de resistência ao cizalhamneto via redução do deslocamento relativo de elementos de massa de solo em contato com as fibras (Silva et alli, 1995 e Ribeiro, 1995).

O desempenho da adição de fibras sintéticas de distribuição aleatória na melhoria das características mecânicas de alguns solos já foi constatada, mas persistem algumas dúvidas em relação à sua eficiência em solos arenosos com a adição de cimento (Silva, 1995; Teixeira, Bueno e Lima, 1994).

O trabalho visa analisar a influência da adição de fibra sintética de polipropileno, de distribuição aleatória, no comportamento mecânico de uma mistura solo-cimento, com vistas a aplicações em estradas florestais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Trabalhou-se com um solo arenoso com 3% de argila, 17% de silte, 80% de areia, classificado pela Highway Research Boarding (HRB) como A-2-4(0), comum na região de Viçosa-MG. Utilizou-se o cimento Portland como estabilizante químico e fibras sintéticas de polipropileno como reforço. Utilizou-se, nos ensaios de laboratório fibras de 5 e 10mm, bem como as denominadas RS-5 e RS-20, de tamanho e forma variável. O cimento foi adicionado nas misturas no quantitativo de 2 e 4%, obedecendo a seguinte ordem: solo natural; solo+0,5% de fibra de 5mm; solo+0,5% de fibra de 10mm; solo+0,5% de fibra de 5mm+2% de cimento; solo+0,5% de fibra de 5mm+4% de cimento; solo+0,5% de fibra de 10mm+2% de cimento; solo+0,5% de fibra de 10mm+4% de cimento; solo+0,5% de fibra RS-5 e solo+0,5% de fibra RS-20. Nos ensaios de CBR foram utilizadas fibras do tipo RS-5 e RS-20.

Para a realização dos ensaios de compressão simples foram moldados corpos-de-prova, no teor de umidade ótima igual a 13,2% e massa específica seca máxima de $1,82\text{g/cm}^3$, determinados previamente. Foram moldados por processo dinâmico com três camadas e altura de 8cm, diâmetro de 35,69mm e compactação de 100%. Os corpos-de-prova foram rompidos em uma prensa de compressão simples, com velocidade de subida do prato de 1,27mm/min. Foram obedecidos quatro tempos de cura: imediato, três dias, sete dias e 28 dias. Para cada situação, romperam-se três corpos-de-prova iguais e o valor final da resistência à compressão simples foi tomado como média dos seus três valores de resistência máxima.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples, executados com corpos-de-prova de solo natural e nas misturas solo-cimento-fibra, Deformações Específicas de Ruptura (ϵ_r), Tensão Específica de Ruptura (σ_r), Módulo de Deformação Inicial (E_i) e Módulo de Deformação a 50% (E_{50}).

A comparação dos resultados apresentados na Tabela 1 sugere que a adição de fibra à mistura solo-cimento é responsável por aumento de coesão e redução do ângulo de atrito interno. O efeito de ancoragem que a adição de fibra introduz na mistura solo-cimento torna-se mais evidente para menor energia de compactação.

Verifica-se que houve um aumento de Tensão de Ruptura com o tempo de cura. Observa-se, também, que os valores de Tensão de Ruptura são maiores nos ensaios com maior comprimento de fibra e maior teor de cimento na mistura.

TABELA 1: Parâmetros das curvas de tensão versus deformação.

	Natural				RS-5				RS-20			
	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²
Imediato	3.60	2.10	70.00	62.61	5.30	3.08	25.50	50.30	5.43	3.46	27.00	50.47
3 dias	3.75	2.34	39.63	59.63	5.14	3.05	34.00	52.85	5.25	3.15	30.00	50.00
7 dias	3.84	2.20	46.00	50.30	4.79	2.92	57.00	57.01	5.90	3.86	33.25	60.46
28 dias	3.30	2.64	45.00	74.81	4.80	3.56	64.16	64.16	5.41	4.30	29.25	72.12

	5mm				5mm+2% de cimento				5mm+4% de cimento			
	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ²	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ²	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ²	E_i Kgf/c m ²	E_{50} Kgf/c m ²
Imediato	4.86	2.69	33.25	47.62	4.46	3.72	35.00	78.20	4.34	4.94	41.02	98.97
3 dias	4.61	2.66	37.25	51.94	4.22	4.96	47.50	108.09	3.77	9.38	67.50	270.84
7 dias	4.74	2.79	30.25	50.77	4.15	4.89	38.00	112.38	3.24	12.43	151.66	360.56
28 dias	4.45	3.04	41.31	60.20	3.71	5.39	45.00	145.66	2.29	15.05	170.05	553.23

Continua...

Cont. Tabela 1

	10mm				10mm+2% de cimento				10mm+4% de cimento			
	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	Ei Kgf/c m ²	E50 Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	Ei Kgf/c m ²	E50 Kgf/c m ²	ϵ_r %	σ_r Kgf/c m ³	Ei Kgf/c m ²	E50 Kgf/c m ²
Imediato	4.68	2.93	39.75	50.47	4.97	5.08	35.25	95.68	4.86	5.49	42.50	94.70
3 dias	5.36	3.25	26.25	49.09	4.49	6.04	63.33	124.20	4.12	12.13	62.50	253.14
7 dias	5.14	3.19	28.75	81.20	4.50	5.00	37.50	101.44	3.98	12.56	92.50	152.56
28 dias	4.52	3.47	40.00	65.10	4.44	6.12	46.87	135.60	3.36	15.28	145.00	437.39

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de Índice de Suporte California (CBR). Para as composições ensaiadas, com e sem fibra, são apresentados os valores de CBR(%) e expansão do solo saturado. Pode-se observar, no solo tratado, uma maior resistência à penetração em relação ao solo natural. Verifica-se que as fibras passam a mobilizar a interação solo-fibra apenas depois de um deslocamento relativo do solo. As medidas de expansão indicam que a adição de fibra praticamente não afeta o comportamento do solo.

TABELA 2: Valores de CBR(%) e Expansão do solo

	CBR(%)	Expansão(%)
Solo Natural	12.70	0.80
Fibra RS-5	14.68	0.67
FibraRS-20	19.22	0.70

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a adição de fibra na mistura solo-cimento aumenta os valores de CBR(%) do solo e, praticamente, não altera a sua expansibilidade. Isto quer dizer que o uso da mistura solo arenoso+cimento reforçado com fibra melhora as características mecânicas do solo podendo ser utilizado, com sucesso, na estrutura de estradas florestais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUENO, B.S.; LIMA, D.C.; MACHADO, C.C. **Estudo de dosagens de misturas solo-cal, cimento, DS-328 e fibras na GERDAU.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 72p. (Relatório LMS04/94).
- RIBEIRO, N.J. **Estudo do comportamento de solo reforçado com fibras.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 13p. (Relatório FAPEMIG).
- SILVA, M. **Estabilização de solos com fibras plásticas curtas aleatórias: Um estudo de caso.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 69p. (Tese de MS).
- TEIXERA, SHC.; BUENO, B.S.; LIMA D.C. Estudo do comportamento de solos reforçados com fibras. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, Juiz de Fora: UFJF, 1994. **Anais...**Juiz de Fora: UFJF, 1994. P.54-64.