

Nota Técnica/Technical Note

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE SOLOS PARA ESTRADAS FLORESTAIS: O CASO DA FAZENDA MONTE ALEGRE DA DURATEX S.A.

Carlos Cardoso Machado¹, Eduardo Silva Lopes², Reginaldo Sérgio Pereira³,
José Maurício Machado Pires⁴

(recebido: 2 de dezembro de 2002; aceito: 10 de janeiro de 2005)

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho, realizar ensaios geotécnicos aplicados à rodovias, nas estradas florestais da Fazenda Monte Alegre, pertencente à Empresa Florestal Duratex, com o intuito de dar subsídios na tomada de decisão para melhoria nos padrões construtivos e de manutenção dessas vias de acesso. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização (distribuição de partículas por tamanho, peso específico dos sólidos, limites de consistência), compactação e CBR, em 13 amostras de solos da região. Os resultados indicaram que, segundo às especificações técnicas do DNER (1996), 2 amostras de solos se enquadraram como material para reforço do subleito e, 11 como material para ser empregado em sub-base de pavimentos rodoviários sendo que, nenhuma das amostras foi considerada própria para uso em base de estradas, evidenciando-se com isso, a necessidade de aplicação de técnicas que alterem as propriedades dos solos locais com o emprego de aditivos químicos como cal e cimento.

Palavras-chave: Estradas florestais, caracterização geotécnica.

GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF SOILS FOR FOREST ROADS: THE CASE OF MONTE ALEGRE FARM, BELONGING TO DURATEX S.A.

ABSTRACT: *This research applied geotechnical tests to roads aiming at subsidizing the decision making process for improving the construction and maintenance patterns of access roads. In order to achieve this, characterization experiments (particle size distribution, specific weight of solids, consistence limits), compactation and CBR, in 13 samples of soils were done. The results indicated that, according to the technical specifications of DNER (1996), 2 samples of soils were classified as material for reinforcement of sandy soil, 11 as material to be used in road pavement sub-base and no one sample was considered appropriate for being used in highways base. Therefore, evidencing the need of applying techniques that alter local soil properties, such as, chemical stabilization.*

Key words: Forest roads, characterization geotechnical.

1 INTRODUÇÃO

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, que serão necessários para a implantação, proteção, colheita e transporte da madeira e/ou produtos florestais. Normalmente, essas estradas têm como principal característica um tráfego reduzido, às vezes temporário e, um tráfego pesado, ocorrendo normalmente em um único sentido.

No setor florestal, a extensão da malha rodoviária foi estimada, a cerca de 15 anos atrás, como sendo da ordem de 600 mil quilômetros (MACHADO & MALINOVSKI, 1986), tendo este número aumentado consideravelmente, nos dias

atuais, com o decorrer das novas ampliações das empresas florestais. Associado ao fato acima, elevou-se as exigências em termos de solicitações para estas estradas, devido em grande parte, às seguintes constatações: (a) volume elevado de tráfego, normalmente de veículos de alta tonelagem; (b) aumento das distâncias de transporte em vias de baixa qualidade; (c) necessidade de trafegabilidade durante todo o ano com qualidade e maior segurança e; (d) necessidade de estradas com maior vida útil.

Por isso, o setor de estradas tem adquirido grande importância dentro de um empreendimento florestal, uma vez que os custos do binômio estrada-transporte incidem significativamente sobre o valor final da madeira.

¹ Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, CEP: 36.571-000 – Viçosa, MG.

² Professor Adjunto da UNICENTRO, campus Irati – Cx. P. 21 – Rodovia Pr 153, Km 7, Riozinho – 84.500-000 – Irati, PR.

³ Doutorando do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, CEP: 36.571-000 – Viçosa, MG.

⁴ Doutorando do Departamento de Engenharia Civil da UFV, CEP: 36.571-000 – Viçosa, MG.

Os materiais de construção ou elementos de suporte das estradas são os solos, que no caso específico do Brasil, normalmente, não se enquadram nas especificações técnicas exigidas pelos órgãos rodoviários estaduais (DERs) e federais (DNER). Desse modo, a decisão a ser tomada, envolve, geralmente, as seguintes opções, segundo Rodriguez & Castillo (1984): (a) utilizar o solo local como ele se encontra, considerando suas más qualidades no projeto; (b) eliminar o solo inadequado e substituí-lo por outro de características satisfatórias ou; (c) modificar as propriedades do solo local, tornando-o apto para ser utilizado como suporte ou camada de pavimento.

Dentre as opções apresentadas, as duas primeiras são problemáticas, pois a primeira exige o emprego de pavimentos com considerável resistência à tração, minimizando o nível de tensão transmitido ao material de fundação, enquanto a segunda, é geralmente inviável em rodovias, pelo custo excessivo e difícil execução. Portanto, para fins rodoviários, a última opção é a mais viável técnico-econômico, pois a pavimentação utilizando material betuminoso ou revestimento primário são as possibilidades a serem exploradas.

Dessa forma, é fundamental o conhecimento prévio das características geotécnicas dos solos, a serem empregados em projetos de construção e manutenção de estradas, de modo a dar subsídios na tomada de decisões.

Diante do exposto, este estudo tem por objetivo, fazer uma caracterização geotécnica das estradas florestais da Fazenda Monte Alegre, pertencente à Empresa Florestal Duratex, de modo a dar subsídios na tomada de decisão para melhoria nos padrões construtivos e de manutenção das rodovias florestais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo é localizada na Fazenda Monte Alegre, pertencente à empresa Duratex S.A., município de Agudos, Estado de São Paulo, situado entre as coordenadas 22°15' e 22° 30' S e 48°45' e 49°00'.

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo CWA, mesotérmico de inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 21,9° C e precipitação média anual de 123 mm, possuindo uma altitude de 550 m. O relevo da área é predominantemente plano, enquanto o solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro.

A fazenda apresenta uma extensa malha viária, sendo constituídas, na maioria, por estradas principais, com revestimento primário (piçarra) e por estradas secundárias (aceiros ou divisores de talhão), sem qualquer tipo de revestimento.

2.2 Coleta das amostras de solo

Para a coleta das amostras de solos utilizou-se o mapa de solos fornecido pela empresa, onde a área foi estratificada em seis unidades. Em seguida, foi feita a sobreposição do mapa de solos com o de malha viária, de modo a identificar a localização das estradas principal e secundária em cada perfil para a realização da coleta.

Procedeu-se, então, a coleta de uma única amostra de solo nas estradas principal e secundária em cada perfil, com exceção do perfil P6, onde se coletou duas amostras, em função deste cobrir a maior parte da área do estudo. No perfil 4, não houve a coleta de solo na estrada principal devido a inexistência desta estrada (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de amostras coletadas nas estradas principal e secundária em cada perfil de solo.

Table 1 – Quantity of samples collected in the main and secondary roads in each soil profile.

Perfil	Estradas Florestais	
	Principal	Secundária
P1	1	1
P2	1	1
P3	2	2
P4	-	1
P6	1	1
P7	1	1

Sendo assim, foram coletadas 13 amostras, descritas como se segue:

- P1A1_PRI – Amostra nº 1 do perfil 1 na estrada principal;
- P1A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 1 na estrada secundária;
- P2A1_PRI – Amostra nº 1 do perfil 2 na estrada principal;
- P2A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 2 na estrada secundária;
- P3A1_PRI – Amostra nº 1 do perfil 3 na estrada principal;
- P3A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 3 na estrada secundária;
- P3A2_PRI – Amostra nº 2 do perfil 3 na estrada principal;
- P3A2_SEC – Amostra nº 2 do perfil 3 na estrada secundária;
- P4A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 4 na estrada secundária;
- P6A1_PRI – Amostra nº 1 do perfil 6 na estrada principal;
- P6A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 6 na estrada secundária;
- P7A1_PRI – Amostra nº 1 do perfil 7 na estrada principal;
- P7A1_SEC – Amostra nº 1 do perfil 7 na estrada secundária.

Foram coletadas aproximadamente 40 kg de solos para cada amostra. Nas estradas principais, as amostras foram coletadas à profundidade de 40 a 60 cm, abaixo da camada de revestimento primário, de modo a obter o solo das camadas de base, sub-base e subleito. Nas estradas secundárias, o solo foi coletado à profundidade de 30 a 40 cm, em função de não haver nesta, qualquer tipo de revestimento.

2.2.1 Ensaios de laboratório

Neste trabalho, foram realizados os seguintes ensaios geotécnicos: análise granulométrica conjunta (ABNT, 1984a); limite de liquidez (ABNT, 1984b); limite de plasticidade (ABNT, 1984c), massa específica dos grãos de solo (ABNT, 1984d); compactação (ABNT, 1986) e Senço (1997).

Os ensaios de compactação e CBR, foram realizados de acordo com o método AASHTO - Proctor Normal. Para tal, utilizou-se apenas cinco amostras de solo, separadas em dois grupos: duas amostras com teor de argila abaixo de 10% e três amostras com teor acima de 10%. Esta separação ocorreu em função das semelhanças entre os solos dentro de um mesmo grupo obtidas na análise granulométrica. As seguintes amostras foram analisadas: (a) Teor de argila < 10%: P2A1_PRI; P7A1_SEC e; (b) Teor de argila \geq 10%: P3A1_SEC; P4A1_SEC e P6A1_PRI.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Granulométrica Conjunta

Pela tabela 2, observa-se que todas as amostras de solos apresentaram 0% de pedregulho, ou seja, nenhuma partícula ficou retida na peneira de 2,0 mm. todas as amostras foram classificadas como solos granulares, constituídas, na maior parte, por areia fina e média, em função da porcentagem que passa na peneira de 0,074 mm ser menor que 35 %.

Considerando a fração argila e silte, verifica-se, que apenas as amostras P1A1_SEC; P2A1_PRI e P7A1_SEC apresentaram um baixo teor de argila (menos de 10%).

De acordo com a classificação TRB, todos os solos das estradas da empresa foram classificados como sendo A-2-4, com índice de grupo 0, indicando um comportamento de material de bom a excelente para estradas. Em função da maior proporção de argila em relação ao silte, todas as amostras foram classificadas também, como Areia Argilosa, com exceção do P1A1_SEC, que é uma Areia Siltosa.

3.2 Limites de Atterberg

Como pode ser observado no Tabela 3, todas as amostras apresentaram um baixo valor de LL e IP, sendo, portanto, ideais para a construção de estradas com relação a este parâmetro.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de granulometria conjunta.*Table 2* – Results of joint granulation experiments.

Solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)	IG	Classificação	
			Fina	Média	Grossa			TRB	Classe Textural
P1A1_PRI	15	03	31	50	01	0	0	A-2-4	AA
P1A1_SEC	01	03	38	58	00	0	0	A-2-4	AS
P2A1_PRI	07	03	37	53	00	0	0	A-2-4	AA
P2A1_SEC	16	05	32	47	00	0	0	A-2-4	AA
P3A1_PRI	12	05	40	43	00	0	0	A-2-4	AA
P3A1_SEC	13	05	39	43	00	0	0	A-2-4	AA
P3A2_PRI	13	04	31	51	01	0	0	A-2-4	AA
P3A2_SEC	12	05	40	43	00	0	0	A-2-4	AA
P4A1_SEC	12	03	38	47	00	0	0	A-2-4	AA
P6A1_PRI	10	05	35	50	00	0	0	A-2-4	AA
P6A1_SEC	15	04	36	45	00	0	0	A-2-4	AA
P7A1_PRI	15	04	39	42	00	0	0	A-2-4	AA
P7A1_SEC	05	01	39	55	00	0	0	A-2-4	AA

IG = Índice de Grupo; AA = Areia Argilosa e; AS = Areia Siltosa.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Limites de Atterberg.*Table 3* – Results of Atterberg's Experiment Limits.

Identificação	Limites de Atterberg(%)			
	LL	LP	IP	IC
P1A1_PRI	16.00	14.00	2.00	6.00
P1A1_SEC	15.06	13.85	1.21	11.52
P2A1_PRI	16.10	13.40	2.70	5.36
P2A1_SEC	17.62	14.25	3.37	4.07
P3A1_PRI	14.43	12.46	1.97	5.73
P3A1_SEC	14.84	13.63	1.21	10.72
P3A2_PRI	15.50	12.61	2.89	3.91
P3A2_SEC	15.91	13.04	2.87	4.77
P4A1_SEC	17.71	14.45	3.27	4.76
P6A1_PRI	16.36	15.13	1.23	10.89
P6A1_SEC	16.08	14.38	1.70	7.74
P7A1_PRI	16.12	15.09	1.03	11.87
P7A1_SEC	16.23	12.45	3.78	3.79

LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de Plasticidade; IP – Índice de Plasticidade e; IC – Índice de Contração.

3.3 Ensaio de Compactação

Os resultados dos ensaios de compactação (Tabela 4), foram realizados com o intuito de determinar a umidade ótima de compactação e o peso específico seco máximo para uma determinada energia de compactação. Além disso, este ensaio forneceu os valores da umidade ótima para uso nos ensaios de CBR.

3.4 CBR

Pelos resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que os solos foram agrupados em três grupos, denominados G₁, G₂ e, G₃.

Apesar dos resultados satisfatórios obtidos nos ensaios anteriores (Análise Granulométrica e Limites de Atterberg), verifica-se que, que os solos do grupo G₁ poderão ser utilizados como reforço do subleito e os dos grupos G₂ e G₃, como sub-base. Nenhum dos grupos de solos das estradas foi considerado próprio para uso como base de pavimentos rodoviários, segundo às recomendações técnicas do DNER (1996). Ressalta-se ainda que, as maiorias das estradas principais e secundárias, estão situadas no Perfil P3, cujo solo apresenta um CBR impróprio para uso como base.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de compactação.

Table 4 – Results of compaction tests.

Identificação	Parâmetros de Compactação	
	Wót. - %	Ydmax. – kN/m ³
P2A1_PRI	10,50	18,07
P7A1_SEC	12,82	17,50
P3A1_SEC	10,36	19,24
P4A1_SEC	10,78	19,14
P6A1_PRI	10,72	19,21

Tabela 5 – Classificação dos solos quanto ao CBR.

Table 5 – Classification of soils according to CBR's pattern.

Solo	CBR (%)	Grupo	Recomendação de Uso
P1A1S	13,5	G ₁	Reforço do Subleito
P7A1S	13,5		
P2A1P	20,4	G ₂	Sub-base
P3A2P	23,8		
P3A1S	23,8		
P4A1S	24,6		
P3A2A	24,6		
P1A1P; P2A1S; P3A1P; P6A1P; P6A1S; P7A1P	29,7	G ₃	

4 CONCLUSÕES

Pelo exposto no presente artigo, pode-se chegar às seguintes conclusões: (a) Os ensaios de caracterização das amostras de solo indicaram que as mesmas podem apresentar um comportamento de excelente a bom como camada de pavimentos rodoviários, por se enquadrarem no grupo A-2-4 (0), do sistema TRB; (b) Os ensaios de CBR, enquadraram 11 amostras com potencial para camada de sub-base e, 2 como reforço do subleito, segundo às recomendações técnicas DNER (1996); (c) Nenhuma das amostras estudadas apresentaram CBR para camada de base, indicando a necessidade de utilização de técnicas de alteração das propriedades dos solos, tais como, o emprego de aditivos químicos como a cal e o cimento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84**: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984a. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459/84**: solo: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984b. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180/84**: solo: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984c. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508/84**: solo: determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 1984d. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182/86**: solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Pavimentação**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1996. 320 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal**. Curitiba: UFPr/FUPEF, 1986. 157 p.

RODRIGUEZ, A. R.; CASTILLO, H. D. **La ingeniería de suelos en las vías terrestres**. México: Limusa, 1984. v. 2, 643 p.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. 174 p.