



## Avaliação da Resistência à Penetração de um Latossolo Vermelho Submetido a Duas Intensidades de Tráfego de um Forwarder sob Diferentes Condições de Resíduos <sup>(1)</sup>.

**Arystides Resende Silva<sup>(2)</sup>, Moacir de Souza Dias Junior<sup>(3)</sup> & Fernando Palha Leite<sup>(4)</sup>.**

(1) Trabalho executado com recurso da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Celulose Nipo-Brasileira S.A (CENIBRA).

(2) Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Bairro Marco, Caixa Postal, 48, CEP 66095-100 Belém (PA).E-mail: [arystides.silva@embrapa.br](mailto:arystides.silva@embrapa.br) ;(3) Professor do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa Postal, 3037, CEP 37.200-000 Lavras (MG). Bolsista CNPq. E-mail: [msouzadj@ufla.br](mailto:msouzadj@ufla.br); (4) Pesquisador Cenibra, E-mail: [fernando.leite@cenibra.com.br](mailto:fernando.leite@cenibra.com.br).

**RESUMO:** Com a intensa mecanização das operações florestais, a compactação do solo, causada pelo tráfego, pode ser limitante para a obtenção de maiores produtividades, devido a alterações em suas propriedades físicas. O objetivo deste estudo foi avaliar a Resistência à Penetração (RP) sobre o efeito da camada de resíduos da colheita de um Latossolo Vermelho (LV). Foram amostrados 12 pontos de RP até a profundidade de 60 cm e coletadas 20 amostras nas profundidades de 10-13 cm, na linha de tráfego do forwarder quando este trafegou duas e oito vezes em quatro condições de disposição de resíduo: sobre a galhada (G); sobre a galhada mais a casca (GC); sobre o solo sem resíduo (SR) e em uma condição onde não houve tráfego do forwarder (ST). Determinou-se também textura, matéria orgânica e a densidade de partículas dos solos. O tráfego sobre os resíduos florestais GC e G atenuou a compactação nos solos estudados, sendo a pior situação a condição de solo limpo (SR) apresentando uma maior RP.

**Termos de indexação:** Compactação do solo, mecanização florestal, *Eucalyptus spp*

### INTRODUÇÃO

A necessidade de realizar a colheita florestal em grandes áreas tem levado a um aumento na utilização de máquinas. As pressões aplicadas por estas máquinas durante as operações de colheita florestal podem aplicar altas pressões sobre o solo (Horn et al., 2004), com conseqüentes alterações das propriedades físicas e mecânicas do solo, afetando a sua estrutura e resultando na sua compactação (Dias Junior et al., 2005).

A compactação em solos florestais está relacionada ao uso de máquinas nas operações de colheita e baldeio da madeira (Dias Junior & Pierce, 1996; Dedecek & Gava, 2005; Silva et al., 2010) que

trafegam várias vezes em uma mesma linha de tráfego ou aleatoriamente na área (Raper, 2005; Hanza & Anderson, 2005; Silva et al., 2007; Schaffer et al., 2008; Silva et al., 2007) podendo aplicar pressões aos solos maiores do que a sua capacidade de suporte de carga (Dias Junior et al., 2005), resultando em compactação.

Procurando, portanto, alternativas para minimizar o impacto do tráfego sobre a estrutura dos solos sob exploração florestal, vislumbra-se a possibilidade do uso de resíduos florestais para minimizar o impacto da exploração florestal sobre a estrutura do solo (Seixas, 1998; Silva et al., 2010). Espera-se que esses resíduos florestais distribuam as pressões aplicadas de tal forma a evitar que, a capacidade de suporte de carga do solo seja superada, reduzindo, portanto, o risco da compactação ocorrer e reduzindo a formação de sulcos (Wronski, 1990) causados pelos rodados das máquinas florestais (McMahon & Evanson 1994). Assim, torna-se interessante a realização de estudos que contemplem o efeito dos resíduos florestais (galhos, folhas e casca) deixados sobre os carregadores, visando minimizar o efeito do tráfego da colheita florestal sobre a estrutura dos solos.

Portanto, o tráfego em áreas cultivadas com eucalipto torna-se preocupante devido à possibilidade de disseminação da compactação (Dias Junior et al., 2005; Silva et al., 2010), principalmente quando é realizado em condições inadequadas de umidade. (Raper, 2005; Hanza & Anderson, 2005; Silva et al., 2007; Silva et al., 2010).

O objetivo deste estudo foi avaliar a Resistência à Penetração (RP) sobre o efeito da camada de resíduos da colheita florestal de um Latossolo Vermelho (LA).

### MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na área experimental da Celulose Nipo-Brasileira S.A (CENIBRA), localizada



no município de São João Evangelista - MG, apresentando as coordenadas: 18° 34' 12" S e 42° 52' 53" W de Greenwich, e altitude de 860 metros, o solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho (LV), textura muito argilosa,.

Foram demarcadas parcelas de 36 m de comprimento e 4 m de largura o que corresponde à entrelinha de 12 árvores de eucaliptos. A colheita florestal foi realizada manualmente com o uso de motosserra e a extração da madeira foi feita com forwarder (marca Valmet, modelo 636 S), com tara de 11,9 t, carregado com 9 m<sup>3</sup> de madeira (densidade de 480 kg m<sup>-3</sup>) que trafegou nas seguintes condições de disposição dos resíduos: 1) Tráfego sobre a galhada (G); 2) Tráfego sobre a galhada mais a casca (GC); 3) Tráfego sobre o solo sem resíduo (SR) e 4) Sem tráfego do forwarder (ST). Para cada condição de disposição de resíduo determinou a resistência à penetração até a profundidade de 60 cm em 12 pontos, com o uso de um penetrômetro de impacto (IAA/PLANALSUCAR – STOLF; Stolf et al., 1983) e foram coletadas 20 amostras na linha de tráfego do forwarder na profundidade de 10 a 13 cm, após este ter trafegado duas e oito vezes na mesma entrelinha para a determinação das propriedades físicas do solo, as quais foram determinados os teores de matéria orgânica, textura e a densidade de partículas (Embrapa, 1997), apresentando os seguintes valores 747, 183 e 70 g kg<sup>-1</sup> de argila, areia e silte, respectivamente, 61 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica e a densidade de partículas foi de 2,53 g cm<sup>-3</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de resíduos galhada+casca (GC), galhada (G), local onde não foi utilizado resíduo (SR) e onde não houve tráfego (ST) não apresentaram diferenças significativas na umidade quando o Forwarder trafegou duas e oito vezes (Tabela 1). A umidade do solo nas diferentes condições de resíduos não foi diferente quando aumentou o número de passadas de duas para oito.

As medidas da resistência à penetração (RP) do Latossolo Vermelho foram sensíveis ao tráfego do Forwarder, verifica-se que, quando este foi realizado na condição de solo sem resíduo (SR) (Figura 1), a resistência à penetração do solo para o número de passadas igual a oito foi superior e diferiu significativamente das condições GC, G e ST, as quais não apresentaram diferenças estatísticas entre si, até a profundidade de 20 cm (Tabela 2), a partir dessa profundidade, a condição de SR diferiu significativamente na profundidade de 30-35 cm e na 40-45 cm, não apresentando diferenças significativas nas outras profundidade em estudo (Figura 1). Para o número de passadas igual a oito

vezes, a condição SR diferiu significativamente das outras condições até a profundidade de 60 cm (Figura 1). Estes resultados indicam que no Latossolo Vermelho na Região de São João Evangelista, em geral, não houve diferença no comportamento da RP, em função do manejo dos resíduos, prevalecendo, entretanto, a maior RP na condição Sem Resíduo (SR) (Tabela 2). Portanto, a pior situação foi a de solo Sem Resíduo (SR), apresentando as maiores RP. Estes resultados concordam com os obtidos por Wronski (1990); McMahon & Evanson (1994); Seixas et al. (1998); Seixas et al. (2003) os quais detectaram reduções significativas da compactação do solo devido ao tráfego realizado sobre camadas de resíduos.

Em uma mesma profundidade, as intensidades de tráfego nas condições de resíduos ST e G não apresentaram diferenças significativas para os valores de RP até a profundidade de 60 cm (Tabela 2). Entretanto, observou-se um alívio das RP induzidas pelo número de passadas igual a 2, o qual resultou em menores RP até a profundidade de 15 cm, devido à distribuição das pressões aplicadas pelo Forwarder pela Galhada+Casca (GC).

Na condição de solo Sem Resíduos (SR), o número de passadas igual a oito induziu a uma maior RP do que o número de passadas igual a 2 até 20 cm de profundidade e, a partir desta as RP induzidas não apresentaram um comportamento uniforme. Respostas semelhantes foram encontradas por Wood et al. (1993) e Czyz (2004), que verificaram que o número crescente de passadas aumenta a compactação do solo.

A pior situação observada foi a de solo Sem Resíduo (SR), apresentando as maiores RP.

## CONCLUSÕES

As condições GC e G atenuou o efeito da compactação apresentado menores valores de RP em relação à condição de SR.

Solo sem resíduos (SR) apresentou maiores valores de resistência à penetração.

## REFERÊNCIAS

CZYZ, E. A. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil & Tillage Research*, 79:153-166, 2004.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na profundidade da rebrota de eucalipto. *Revista Árvore*, 29:383-390, 2005.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de Literatura. O processo de compactação do solo e sua



modelagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:175-182, 1996.

DIAS JUNIOR, M.S.; LEITE, F.P.; LASMAR JUNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. Science Agricola, 62:248-255, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems a review of the nature, causes and possible solutions. Soil & Tillage Research, 82:121-145, 2005.

HORN, R.; VOSSBRINK, J.; BECKER, S. 2004. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. **Soil & Tillage Research**, 79:207-219.

MCMAHON, S.; EVANSON, T. The effect of slash cover in reducing soil compaction resulting from vehicle passage. LIRO report, 9:1-8, 1994.

RAPER, R.L. Agricultural traffic impacts on soil. Journal of Terramechanics, 42:259-280, 2005.

SCHAFFER, B.; STAUBER, M.; MUELLER, T. L.; MULLER, R.; SCHULIN, R. Soil and macro-pores under uniaxial compression: I mechanical stability of repacked soil and deformation of different types of macro-pores. Geoderma, 146:183-191, 2008.

SEIXAS, F.; KOURY, C. G. G.; RODRIGUES, F. A. Determinação da área impactada pelo tráfego de Forwarder com uso de GPS. Scientia Forestalis, 68:178-187, 2003.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SOUZA, C.R. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira. Scientia Forestalis, 54:9-16, 1998.

SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F.P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois latossolos. Pesq. Agropec. Bras, 42:89-93, 2007.

SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F.P. Propriedades físicas e mecânicas de Latossolos em diferentes manejos Florestais. Ciência e Agrotecnologia, 34:1483-1491, 2010.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI Neto, V. L. Recomendações para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR – STOLF. Série Penetrômetro de Impacto, p. 1-9. 1983.

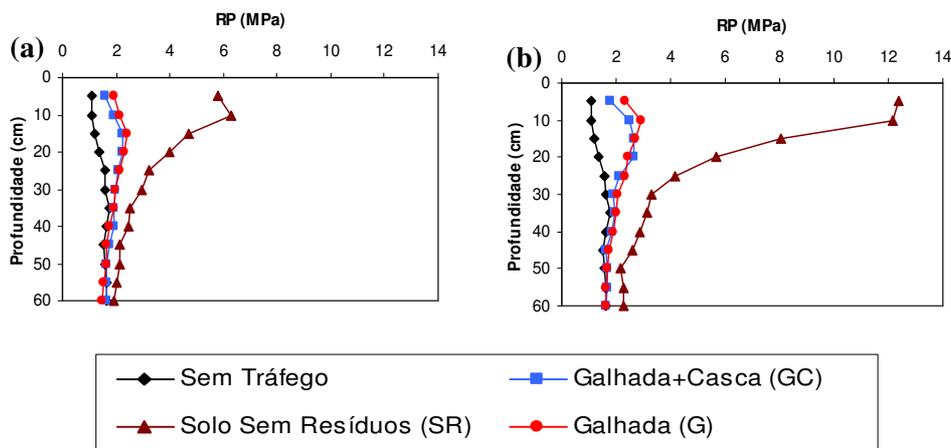
WOOD, R. K.; REEDER, R. C.; MORGAN, M. T.; HOLMES, R. G. Soil physics properties as affected grain cart traffic. Transactions ASAE, 36:11-14, 1993.

WRONSKI, E.B. Logging trials near Tumut. Logger, p.10-14, 1990.

**TABELA 1.** Umidade um Latossolo Vermelho localizado no município de São João Evangelista, MG na profundidade de 10-13 cm, sob diferentes condições de resíduos e intensidades de tráfego.

Nº passadas do Forwarder	Condições de disposição dos resíduos <sup>1</sup>			
	ST <sup>+</sup>	GC <sup>+</sup>	G <sup>+</sup>	SR <sup>+</sup>
	U (kg kg <sup>-1</sup> )			
2 passadas	0,3548 a A	0,3721 a A	0,3553 a A	0,3419 a A
8 passadas	0,3548 a A	0,3642 a A	0,3769 a A	0,3563 a A

(<sup>1</sup>) Condições de disposição dos resíduos: ST = sem tráfego do forwarder; GC = uso da galhada + casca; G = uso somente da galhada; SR = solo sem resíduo. U = Umidade. Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à condição de disposição do resíduo no mesmo número de passadas do Forwarder, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao número de passadas do Forwarder na mesma condição de disposição dos resíduos, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05) (+Médias de 20 repetições).



**FIGURA 1.** Resistência à penetração (RP) em MPa do solo em profundidade em diferentes condições de disposição de resíduos florestais: (a) Região de São João Evangelista, com duas passadas do Forwarder; (b) Região de São João Evangelista, com oito passadas do Forwarder; (Médias de 12 repetições)

**TABELA 2.** Resistência à penetração (MPa) de um Latossolo Vermelo localizado na Região de São João Evangelista, MG.

Camada (cm)	Nº passadas Forwarder	Condições de disposição dos resíduos <sup>1</sup>			
		ST <sup>+</sup>	GC <sup>+</sup>	G <sup>+</sup>	SR <sup>+</sup>
0-5	2	1,07 cA	1,59 bB	1,92 bA	5,80 aB
	8	1,07 bA	1,79 bA	2,30 bA	12,37 aA
5-10	2	1,08 bA	1,94 bB	2,15 bB	6,31 aB
	8	1,08 bA	2,51 bA	2,94 bA	12,15 aA
10-15	2	1,22 cA	2,22 bB	2,39 bA	4,68 aB
	8	1,22 bA	2,64 bA	2,68 bA	8,04 aA
15-20	2	1,37 cA	2,25 bA	2,32 bA	4,01 aB
	8	1,37 cA	2,63 bA	2,45 bA	5,69 aA
20-25	2	1,57 cA	2,07 bA	2,10 bA	3,21 aA
	8	1,57 bA	2,12 bA	2,34 bA	4,16 aA
25-30	2	1,61 bA	1,98 bA	1,96 bA	2,96 aA
	8	1,61 bA	1,87 bA	2,08 bA	3,28 aA
30-35	2	1,77 bA	1,90 bA	1,91 bA	2,54 aB
	8	1,77 bA	1,94 bA	2,02 bA	3,11 aA
35-40	2	1,64 bA	1,93 bA	1,73 bA	2,46 aA
	8	1,64 bA	1,85 bA	1,87 bA	2,85 aA
40-45	2	1,51 bA	1,76 bA	1,64 bA	2,16 aB
	8	1,51 bA	1,63 bA	1,71 bA	2,57 aA
45-50	2	1,57 bA	1,66 bA	1,65 bA	2,13 aA
	8	1,57 bA	1,68 bA	1,69 bA	2,18 aA
50-55	2	1,64 bA	1,64 bA	1,52 bA	2,02 aA
	8	1,64 bA	1,67 bA	1,64 bA	2,25 aA
55-60	2	1,63 bA	1,64 bA	1,46 bA	1,93 aA
	8	1,63 bA	1,63 bA	1,60 bA	2,29 aA

(<sup>1</sup>) Condições de disposição dos resíduos: ST = sem tráfego do Forwarder; GC = uso da galhada + casca; G = uso somente da galhada; SR = toda galhada foi retirada deixando o solo limpo sem resíduo. Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à condição de disposição do resíduo no mesmo número de passadas do Forwarder, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si, quanto ao número de passadas do Forwarder na mesma condição de disposição dos resíduos para cada profundidade, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05) (+ Médias de 12 repetições).