



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NA PRESSÃO DE PRECONSOLIDAÇÃO DE UM LATOSSOLO AMARELO

Arystides Resende Silva<sup>(1)</sup>, Moacir de Souza Dias Junior<sup>(2)</sup>, Fernando Palha Leite<sup>(3)</sup>, Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>(4)</sup> e Carlos Alberto Costa Veloso<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Embrapa Amazônia Oriental – Travessa Dr. Enéas Pinheiro S/N – Bairro: Marco – Cx. 48 – 66095-100 – Belém, PA – [arystides@cpatu.embrapa.br](mailto:arystides@cpatu.embrapa.br); <sup>(2)</sup> Professor Universidade Federal de Lavras/ UFLA – Departamento de Ciência do Solo/ DCS – Lavras, MG; <sup>(3)</sup> Pesquisador Celulose Nipo Brasileira S/A – Belo Oriente, MG; <sup>(4)</sup> Pesquisadores Embrapa Amazônia Oriental – Travessa Dr. Enéas Pinheiro S/N – Bairro: Marco – Cx. 48 – 66095-100 – Belém, PA.

**Resumo** – A mecanização realizada durante as operações de colheita e extração da madeira envolve tráfego intensivo de máquinas sobre o solo, podendo alterar suas propriedades físicas, com conseqüente compactação e prejudicando as produções destes solos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da camada de resíduos da colheita sobre a pressão de preconsolidação utilizando os modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo Amarelo (LA). Foram coletadas 20 amostras indeformadas na profundidade 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). As amostras indeformadas foram utilizadas nos ensaios de compressão uniaxial. Determinou-se também textura, matéria orgânica e a densidade de partículas dos solos. O tráfego sobre os resíduos florestais atenuou a compactação nos solos estudados principalmente na condição de Galhada + Casca (GC), sendo a pior situação a condição de Solo Limpo (SR). À medida que aumentou a intensidade de tráfego de duas para oito vezes, houve uma maior compactação do solo nas condições estudadas.

**Palavras-Chave:** Compactação do solo, tráfego de forwarder, mecanização florestal, *Eucalyptus spp.*

### INTRODUÇÃO

Estudos recentes revelam que a compactação de solos florestais tem ocorrido em conseqüência das operações florestais mecanizadas que envolvem o tráfego intensivo de máquinas sobre o solo (Dias Junior et al., 2005; Hanza e Anderson, 2005; Silva 2010), durante as operações de colheita e baldeio da madeira (Silva et al., 2010) principalmente quando o solo encontra em condições inadequadas de umidade (Dias Junior et al., 2005; Silva et al., 2007), o que pode causar compactação e prejudicar as futuras produções desses solos (Reichert et al., 2009).

O uso sustentável do solo em áreas florestais está relacionado, portanto, com o tráfego de veículos durante as operações, principalmente de colheita e extração da madeira (Dias Junior et al., 2005), visando

em áreas de produção de celulose, abastecer a fábrica de madeira durante todo ano, mesmo em condições adversas de umidade, o que pode causar compactação do solo devido sua baixa capacidade de suporte de carga.

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 2007). 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.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da camada de resíduos sobre a pressão de preconsolidação utilizando os modelos de capacidade de suporte de carga em um Latossolo Amarelo.

### MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na área experimental da Celulose Nipo-Brasileira S.A (CENIBRA), na região de Rio Doce, localizada no município de Belo Oriente - MG, apresentando as coordenadas: 19° 18' 23" S e 42° 25' 31" W de Greenwich, e altitude de 300 metros, o solo da região foi classificado como Latossolo Amarelo (LA), textura 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 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, totalizando 160 amostras (20 amostras x 4 condições de resíduos x 2 condições de passadas x 1 região). As amostras foram parafinadas no campo para evitar alterações na umidade a partir do momento da coleta até o da realização do ensaio de compressão uniaxial no laboratório.

No laboratório, os ensaios de compressão uniaxial foram realizados nessas amostras com a umidade na qual as operações com o forwarder foram realizadas usando um consolidômetro da marca Boart Longyear, por meio do qual as pressões foram aplicadas utilizando-se ar comprimido. As pressões aplicadas a cada amostra obedeceram à seguinte ordem: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 kPa. Cada pressão foi aplicada até que 90% da deformação máxima fosse atingida (Taylor, 1948) e, após essa condição ser atingida, aplicou-se uma nova pressão. Para cada umidade de operação do forwarder as pressões de preconsolidação foram obtidas de acordo com Dias Junior & Pierce (1995) e plotadas nos modelos de capacidade de suporte de carga de cada região obtidos por Dias Junior et al., (2005), determinando assim o efeito dos resíduos sobre a pressão de preconsolidação devido ao tráfego do forwarder.

As amostras deformadas foram obtidas pela coleta de solo das porções superiores e inferiores dos anéis de amostragem, nas quais foram determinados os teores de matéria orgânica, textura e a densidade de partículas (Embrapa, 1997), as quais apresentaram 590, 343 e 67 g kg<sup>-1</sup> de argila, areia e silte, respectivamente, 28 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica e a densidade de partículas foi de 2,56 g cm<sup>-3</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar os efeitos das diferentes condições de disposição de resíduos sobre a pressão de preconsolidação foram utilizados os modelos de capacidade de suporte de carga obtidos por Dias Junior et al., (2005) para a região onde este estudo foi conduzido (Figura 1).

Considerando a pressão de preconsolidação como um indicativo da máxima pressão aplicada ao solo no passado (Dias Junior, 1994), e um indicador da susceptibilidade do solo a compactação (Peng, et al., 2004), a figura 1 foi dividida em três regiões para avaliar o efeito do tráfego sobre a pressão de preconsolidação de acordo com Dias Junior et al., (2005). As regiões consideradas são: a) região onde os valores da pressão de preconsolidação determinados após o tráfego forem maiores que o limite superior do intervalo de confiança, sendo considerada a região com compactação do solo adicional; b) região onde os valores da pressão de preconsolidação determinados após o tráfego estão entre os limites de confiança inferior e superior. Embora, as amostras de solo situadas nesta região não tenham sofrido compactação, esta região indica que as amostras poderiam sofrer compactação nas próximas operações de colheita se as pressões aplicadas forem maiores que o limite superior do intervalo de confiança; e c) região onde os valores

da pressão de preconsolidação determinada após o tráfego são menores que o limite inferior do intervalo de confiança (Figura 2).

Para a região do Rio Doce (Tabela 1) quanto para, a condição sem tráfego (ST), apresentou 100% das amostras com pressão de preconsolidação abaixo da estimada pelo modelo de capacidade de suporte de cargas, evidenciando que a condição do solo no início do experimento não possuía nenhuma camada compactada ou de adensamento natural.

Quando o forwarder trafegou duas vezes sobre as condições Galhada + Casca (GC) e Galhada (G) (Tabela 1), 100% das amostras não sofreram compactação e na condição de Solo Sem Resíduo (SR) 5% das amostras foram compactadas.

Aumentando a intensidade de tráfego do forwarder para oito passadas (Tabela 1) observou-se que o tráfego realizado sobre Galhada + Casca (GC) apresentou 5% das amostras compactadas, enquanto que, na condição de Galhada (G) 15% das amostras apresentaram compactação e na condição Solos Sem Resíduo (SR) 70% das amostras foram compactadas.

Estes resultados mostram que à medida que aumentou a intensidade de tráfego do Forwarder de duas para oito passadas ocorreu uma degradação da estrutura do solo em todas as condições de disposição dos resíduos, evidenciado pelo aumento dos valores das pressões de preconsolidação, principalmente para a condição de Solo Sem Resíduo (SR) (Tabela 1), corroborando com Keilen (1992) que constatou que com o aumento da intensidade de tráfego ocorreu uma maior compactação do solo quando este foi realizado sem a camada de galhos. Respostas semelhantes foram também encontradas por Seixas et al., (2003), Silva et al., (2007), Silva et al., (2010) os quais verificaram uma maior degradação da estrutura do solo com o aumento do número de passadas.

Apesar da compactação ter aumentado com o aumento do número de passadas do forwarder as condições de Galhada + Casca (GC) e Galhada (G) minimizaram o efeito da compactação sendo a condição de Galhada + Casca (GC) a mais eficiente (Tabela 1).

A condição Solo Sem Resíduo (SR) foi a condição na qual ocorreu maior compactação do solo devido ao tráfego do forwarder, enquanto que as condições de Galhada + Casca (GC) e Galhada (G), mesmo na condição de tráfego mais intensa (8 passadas), foram as condições mais eficientes na distribuição das pressões aplicadas ao solo pelo forwarder, o que foi evidenciado pelo menor aumento das pressões de preconsolidação, menor compactação do solo, com conseqüente preservação da estrutura do solo devido a presença da camada de resíduo que teve efeito minimizador da compactação do solo, corroborando com os resultados obtidos por (Seixas et al., 1998; Silva et al., (2007), Silva et al., (2010).

## CONCLUSÕES

1. Os resíduos florestais minimizam a compactação do solo causada pelo tráfego do forwarder.
2. A condição de Solo Sem Resíduo (SR) é mais suscetível à compactação no LA estudado.
3. A condição Galhada + Casca (GC) é a mais resistente à compactação.

4. O número de passadas do forwarder igual a oito é a que causa maior compactação do que o número de passadas igual a duas.

#### REFERÊNCIAS

- DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. East Lansing, 1994. 114 p. Tese (Doutorado) - Michigan State University.
- DIAS JUNIOR, M. S. & PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technology**, v.8, p.139-151, 1995.
- 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**, v.62, p.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**, v.82, p.121-145, 2005.
- KEILEN, K. Estudo da alteração pelo trânsito intensivo. In: SEMINARIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Universidade Federal de Viçosa, 1992. p.217-220.
- MCMAHON, S.; EVANSON, T. The effect of slash cover in reducing soil compaction resulting from vehicle passage. **LIRO report**, v.9, p.1-8, 1994.
- PENG, X.H.; HORN, R.; ZHANG, B.; ZHAO, Q.G. Mechanisms of soil vulnerability to compaction of homogenized and recompacted Ultisols. **Soil & Tillage Research**, v.76, p.125-137, 2004.
- RAPER, R.L. Agricultural traffic impacts on soil. **Journal of Terramechanics**, v.42, p.259-280, 2005.
- 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**, n. 54, p 9-16, 1998.
- SEIXAS, F.; KOURY, C. G. G.; RODRIGUES, F. A. Determinação da área impactada pelo tráfego de Forwarder com uso de GPS. **Scientia Forestalis**, n. 68, p 178-187, 2003.
- TAYLOR, D.W. **Fundamentals of soil mechanics**. New York: John Wiley & Sons, 1948. 700p.
- WRONSKI, E.B. **Logging trials near Tumut**. Logger, p.10-14, 1990.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. e CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13., 1996. Anais. Águas de Lindóia, Embrapa, 1996. CD-ROM
- SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR. M. S.; LEITE, F.P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois latossolos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.42, n.1, p.89-93, jan. 2007.
- SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR. M. S.; LEITE, F.P. Propriedades físicas e mecânicas de Latossolos em diferentes manejos Florestais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1483-1491, nov/dez., 2010.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly wethered soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, n.2 p. 242-254, Mar. 2009.

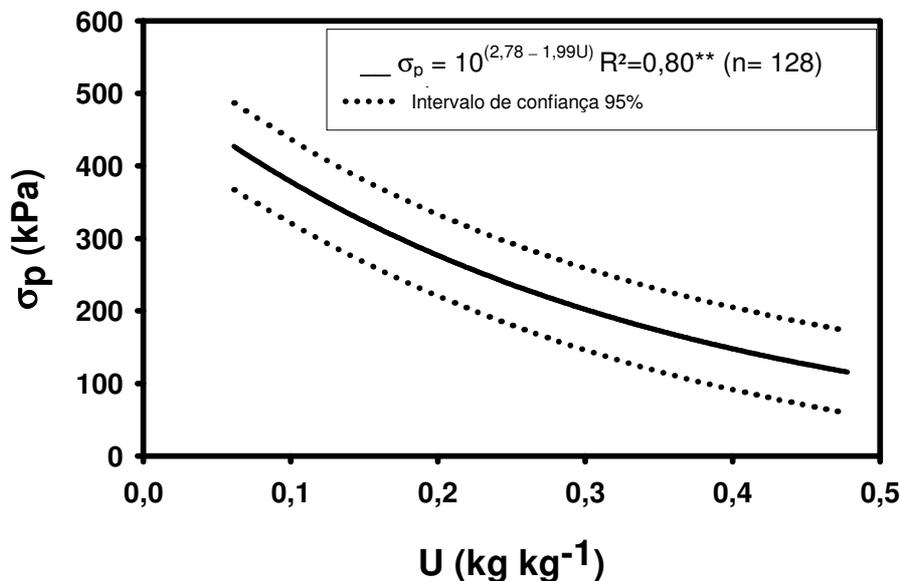
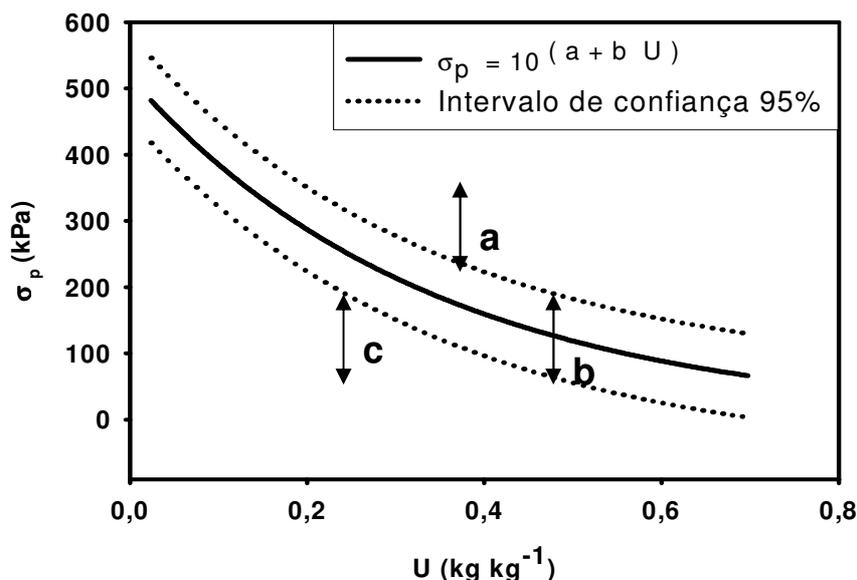


Figura 1. Modelos da capacidade de suporte de carga para o Latossolo Amarelo (Região Rio Doce) na profundidade de 10-13 cm. Fonte: (Dias Junior et al., 2005).



**Figura 2.** Critérios usados para analisar o efeito das operações mecanizadas na pressão de preconsolidação (Dia Junior et al., 2005).

**Tabela 1.** Valores médios de umidade e pressão de preconsolidação determinados após as operações do forwarder trafegando duas e oito vezes em diferentes condições de disposição de resíduos em um Latossolo Amarelo, na profundidade de 10-13 cm na Região Rio Doce no município de Belo Oriente, MG e a classificação da porcentagem de amostras de solo, de acordo com cada região “a”, “b” e “c” do modelo apresentado na Figura 2 sugerido por Dias Junior et al. (2005).

Condições de disposição dos resíduos*								
2 passadas do Forwarder								
Região	ST		GC		G		SR	
	U kg kg <sup>-1</sup>	σ <sub>p</sub> kPa						
a - Compactação	-	-	-	-	-	-	0,27 <sup>2</sup>	297 <sup>2</sup>
b - Sem compactação, mas com tendência em compactar	0,25 <sup>1</sup>	125 <sup>1</sup>	0,27 <sup>1</sup>	205 <sup>1</sup>	0,26 <sup>1</sup>	210 <sup>1</sup>	0,25 <sup>3</sup>	262 <sup>3</sup>
c - Sem compactação	-	-	-	-	-	-	-	-
2 passadas do Forwarder								
Região	ST		GC		G		SR	
	-----%							
a - Compactação	0		0		0		5	
b - Sem compactação, mas com tendência em compactar	100		100		100		95	
c - Sem compactação	0		0		0		0	
8 passadas do Forwarder								
Região	ST		GC		G		SR	
	U kg kg <sup>-1</sup>	σ <sub>p</sub> kPa						
a - Compactação	-	-	0,29 <sup>2</sup>	311 <sup>2</sup>	0,28 <sup>4</sup>	305 <sup>4</sup>	0,25 <sup>6</sup>	327 <sup>6</sup>
b - Sem compactação, mas com tendência em compactar	0,25 <sup>1</sup>	125 <sup>1</sup>	0,27 <sup>3</sup>	224 <sup>3</sup>	0,26 <sup>5</sup>	257 <sup>5</sup>	0,24 <sup>7</sup>	284 <sup>7</sup>
c - Sem compactação	-	-	-	-	-	-	-	-
8 passadas do Forwarder								
Região	ST		GC		G		SR	
	-----%							
a - Compactação	0		5		15		70	
b - Sem compactação, mas com tendência em compactar	100		95		85		30	
c - Sem compactação	0		0		0		0	

(\*) ST = Sem tráfego do Forwarder; GC = Condição de Galhada + Casca; G = Condição de Galhada; SR = Condição Sem Resíduo. 1- médias de 20 amostras; 2- médias de 1 amostras; 3- médias de 19 amostras; 4- médias de 3 amostras; 5- médias de 17 amostras; 6- médias de 14 amostras; 7- médias de 6 amostras.