



## Impactos das Operações de Colheita Florestal na Estrutura de Solos Argilosos<sup>(1)</sup>.

**Zélio Resende de Souza<sup>(2)</sup>; Moacir de Souza Dias Junior<sup>(3)</sup>; Diego Tassinari<sup>(4)</sup>;  
Paula Cristina Caruana Martins<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Capes, CNPq e FAPEMIG.

<sup>(2)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG [zeliodesouza@yahoo.com.br](mailto:zeliodesouza@yahoo.com.br)

<sup>(3)</sup> Professor titular do Departamento de Ciências do Solo (DCS), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG [msouzadj@dcs.ufla.br](mailto:msouzadj@dcs.ufla.br)

<sup>(4)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG [tassinari1420@hotmail.com](mailto:tassinari1420@hotmail.com)

<sup>(5)</sup> Estudante de Pós-doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG [pccaruana@hotmail.com](mailto:pccaruana@hotmail.com)

**RESUMO:** O setor florestal apresenta grande importância para a economia do país. Dentre as etapas de manejo florestal, a colheita e o baldeio da madeira são as principais atividades que podem causar compactação do solo, acarretando diversos problemas. Os objetivos deste estudo foram: a) Desenvolver Modelos de Capacidade de Suporte de Carga (MCSC) para um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd), cultivados com eucalipto, b) Avaliar os impactos das operações de colheita florestal realizadas com o Feller Büncher, Skidder e Garra Traçadora nessas classes de solo. Amostras indeformadas foram coletadas na camada superficial e subsuperficial, sendo esta diagnosticada em campo como a camada de maior resistência à penetração, usando o amostrador de Uhland e usadas no ensaio de compressão uniaxial. Foram coletadas 15 amostras indeformadas para a elaboração dos MCSC, os quais foram estatisticamente diferentes e 10 amostras para a avaliação dos impactos de cada equipamento sobre a estrutura do solo em cada camada e em cada classe de solo. Considerando a umidade do trabalho como 18% na camada superficial, o PVAd foi o mais resistente à compactação e o PVA o mais suscetível à compactação, sendo o LVAd apresentado comportamento intermediário. Na camada subsuperficial, considerando a umidade de trabalho de 16%, o LVAd foi o mais suscetível à compactação e o PVAd e o PVA apresentaram mesmo comportamento, sendo os mais resistentes à compactação. As operações mecanizadas promoveram compactação do solo sendo o PVA a classe de solo que sofreu maior compactação e a Garra Traçadora foi o equipamento que promoveu maior compactação do solo.

**Termos de indexação:** Pressão de pré-consolidação, Manejo, Compactação.

### INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas da degradação do solo é a compactação (Canilhas & Saloke, 2002, Dias Junior, 2003; Dias Junior et al., 2003) a qual reduz a porosidade total, tamanho e continuidade de poros (Dias Junior, 2000; Servadio et al., 2001) além do aumento da capacidade de suporte de carga do solo (Dias Junior, 1994; 2000; Dias Junior & Pierce, 1996; Kondo, 1998; Miranda et al., 2003, Silva et al., 1999). Os Modelos de Capacidade de Suporte de Carga (MCSC) auxiliam no planejamento das operações mecanizadas, pois permitem estimar a máxima pressão a ser aplicada ao solo para evitar que ocorra a sua compactação.

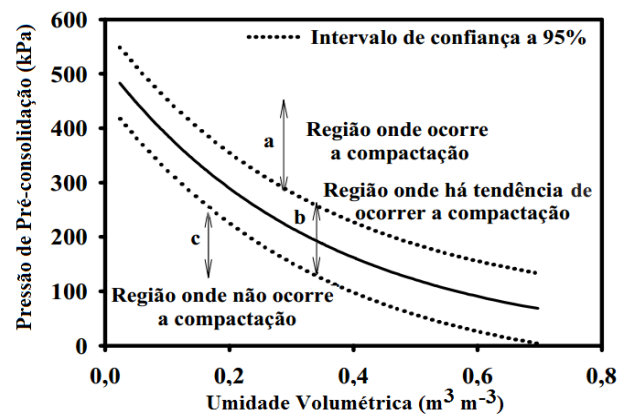
Os objetivos deste trabalho foram: a) Desenvolver os MCSC para o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) sob o cultivo de eucalipto e; b) Avaliar o impacto das operações de colheita e baldeio da madeira realizadas com o Feller Büncher, Skidder e Garra Traçadora na camada superficial e subsuperficial dessas classe de solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em áreas cultivadas com eucalipto pertencentes à Eucatex Agro-Florestal Ltda. As classes de solo utilizadas neste estudo foram: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), localizado no município de Botucatu-SP, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd), localizados no município de Elias Fausto-SP. A amostragem foi realizada em duas etapas, sendo a primeira antes das operações de colheita e baldeio da madeira, para a elaboração dos MCSC, e a segunda após essas operações, para a avaliação dos impactos dessas operações na estrutura do solo. Foram coletadas amostras indeformadas em anéis volumétricos com auxílio do amostrador de Uhland em duas camadas: de 0 a 3 cm (camada superficial), e em uma camada subsuperficial. Para a determinação desta camada foi escavada uma trincheira em cada



local e determinou-se em campo a camada de maior resistência à penetração, sendo a camada de 30 a 33 cm para o PVA e LVAd e de 27 a 30 cm para o PVAd. Após a coleta, as amostras foram envoltas em filme plástico, parafinadas e encaminhadas ao Laboratório de Física e Mecânica do Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras. Os equipamentos usados na exploração florestal foram o Feller Büncher, com 35.800 Kg, o Skidder com 17.842 Kg e a Garra Traçadora, com 20.925 Kg. No laboratório, as amostras foram preparadas, retirando filme plástico e o excesso de solo dos anéis, de maneira que o volume de solo utilizado corresponde ao volume do anel. Com o excesso de solo retirado dos anéis foram feitas as análises textural e de densidade de partículas. Para a elaboração dos MCSC, as amostras foram submetidas ao controle de umidade e levadas ao ensaio de compressão uniaxial. Para a avaliação de impactos, as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial com umidade de campo. Durante o ensaio de compressão uniaxial, as amostras foram submetidas às pressões de 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa de acordo com a metodologia proposta por Bowles (1986) e modificada por Dias Junior (1994). Cada pressão foi aplicada nas amostras até 90% da deformação máxima fosse atingida (Taylor, 1948). Ao término do ensaio, as amostras foram secas em estufa por 48 horas a 105-110°C para a determinação da umidade da amostra. A pressão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ) foi determinada conforme Dias Junior & Pierce (1995). Os MCSC foram obtidos pelo ajuste dos dados à equação  $\sigma_p = e^{(a + b\theta)}$ , em que  $\sigma_p$  é a pressão de pré-consolidação,  $\theta$  é a umidade volumétrica e "a" e "b" são os parâmetros de ajuste do modelo, utilizando o *software* Sigma Plot 10.0 (2006). A comparação dos MCSC foi feita de acordo com Snedecor & Cochran (1989). A determinação dos impactos das operações mecanizadas sobre a estrutura das classes de solo seguiram os critérios descritos por Dias Junior et al., (2007) (Figura 1).



**Figura 1** - Critérios utilizados para avaliar os impactos das operações de colheita florestal sobre a estrutura do PVA, LVAd e PVAd. a = região onde já ocorreu compactação do solo; b = região onde não ocorre compactação do solo, mas tende a sofrer compactação nas próximas operações; c = região onde não ocorre compactação do solo. Fonte: Dias Junior et al. (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

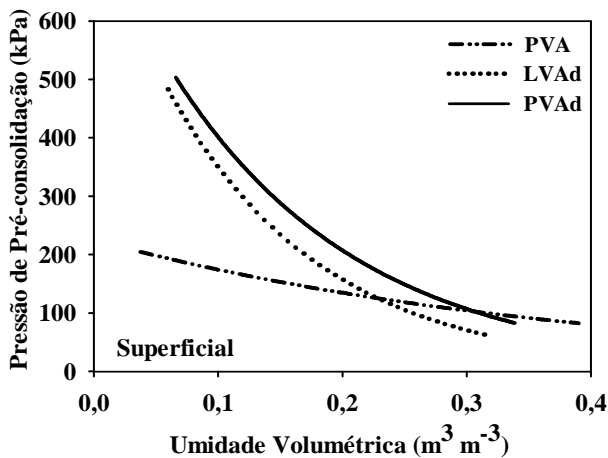
Os MCSC foram homogêneos e estatisticamente diferentes, como mostra a tabela 2, indicando que as classes de solo possuem comportamentos diferentes quanto à capacidade de suporte de carga na camada superficial.

**Tabela 2** - Comparação dos modelos de capacidade de suporte de carga de acordo com o procedimento descrito em Snedecor e Cochran (1989) para modelos lineares na camada superficial do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd).

Classes de Solo	F	CL "a"	CA "b"	Dsi Mg m <sup>-3</sup>	R <sup>2</sup>
PVA	-	5,42	2,59	1,48	0,93**
LVAd	-	6,66	8,01	1,52	0,94**
PVAd	-	6,74	7,13	1,51	0,92**
PVA x LVAd	H	ns	**	-	-
PVA x PVAd	H	**	**	-	-
LVAd x PVAd	H	**	**	-	-

Dsi Densidade do solo inicial; \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; ns não significativo; F teste estatístico F; CL Coeficiente Linear; CA Coeficiente Angular.

Considerando que a umidade do solo é de 18% durante a execução das operações de colheita e baldeio da madeira, o PVA foi o mais suscetível à compactação e o PVAd o mais resistente a compactação na camada superficial. O LVAd teve comportamento intermediário (Figura 2).



**Figura 2** - Comparação dos MCSC para o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) na camada superficial

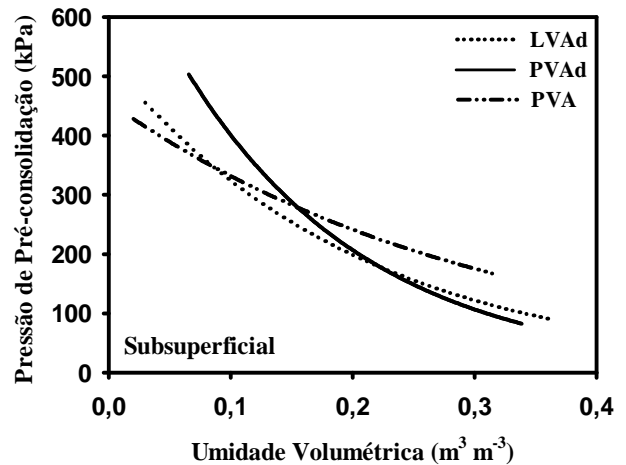
Os MCSC também foram estatisticamente diferentes e homogêneos na camada subsuperficial (Tabela 3), indicando comportamentos distintos das classes de solo.

**Tabela 3** - Comparação dos modelos de capacidade de suporte de carga de acordo com o procedimento descrito em Snedecor e Cochran (1989) para modelos lineares na camada subsuperficial do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd)

Classes de Solo	F	CL "a"	CA "b"	Dsi Mg m <sup>-3</sup>	R <sup>2</sup>
PVA	-	6,12	3,19	1,63	0,92**
LVAd	-	6,27	4,88	1,53	0,92**
PVAd	-	6,66	6,62	1,51	0,92**
PVA x LVAd	H	ns	**	-	-
PVA x PVAd	H	ns	**	-	-
LVAd x PVAd	H	**	ns	-	-

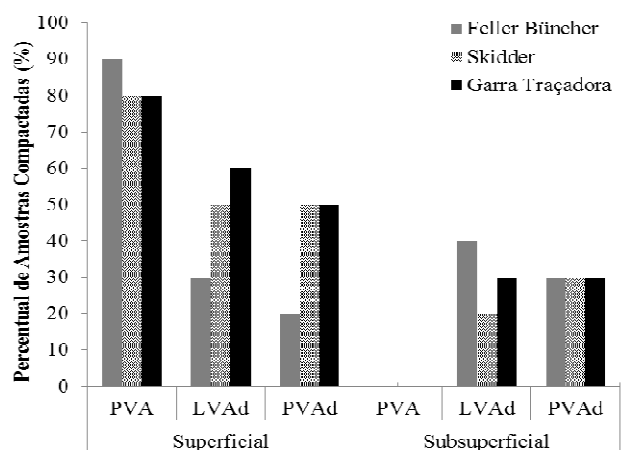
Dsi Densidade do solo inicial; \* significativo a 5%; \*\* significativo a 1%; ns não significativo; F teste estatístico F; CL Coeficiente Linear; CA Coeficiente Angular.

Na camada subsuperficial, quando consideramos a umidade de trabalho de 16%, o LVAd é o mais suscetível à compactação e o PVA, juntamente com o PVAd apresentaram mesmo comportamento, sendo mais suscetíveis à compactação. Em umidades superiores a essa, o PVAd é o mais suscetível à compactação e o PVA passa a ser o mais resistente à compactação (Figura 3).



**Figura 3** - Comparação MCSC para o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) na camada subsuperficial.

As operações de colheita e baldeio da madeira estão promovendo a degradação da estrutura das classes de solo, e todos os equipamentos avaliados estão promovendo compactação adicional do solo nas camadas avaliadas. O PVA foi a classe de solo que sofreu a maior degradação da estrutura oriunda de todos os equipamentos na camada superficial e na camada subsuperficial, o LVAd sofreu a maior compactação promovida pelo Feller Büncher e no PVAd os equipamentos promoveram mesmo percentual de compactação. O PVA não sofreu compactação nessa camada subsuperficial (Figura 4).



**Figura 4** - Porcentagem de amostras compactadas realizadas com o Feller Büncher, Skidder e Garra Traçadora para o PVA, LVAd e PVAd na camada superficial e subsuperficial.



## CONCLUSÕES

Na camada superficial a Garra Traçadora é o equipamento que promoveu maior compactação no LVAd e o Feller Büncher foi o que causou maior compactação no PVA.

A camada superficial sofreu maior compactação do que a camada subsuperficial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CAPES, CNPq e à Eucatex Agro-Florestal Ltda.

## REFERÊNCIAS

- BOWLES, J. E. **Engineering properties of soils and their measurements**. 3rd. ed. Auckland: McGraw-Hill, 1986.
- CANILLAS, E. C. & SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 221-230, May 2002.
- DIAS JUNIOR, M. S. & PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technology**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 139-151, Nov. 1995.
- 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**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 175-192, jun. 1996.
- DIAS JUNIOR, M. S. A soil mechanics approach study soil compaction In: ACHYUTHAN, H. **Soil and soil physics in continental environment**. Chenna: Allied Publishers Private, 2003. p. 179-199.
- DIAS JUNIOR, M. S. **Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho-Amarelo situado em áreas experimentais da CENIBRA**: Relatório Técnico. Belo Oriente: CENIBRA, 2000.
- DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 p. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - East Lansing State University, East Lansing, 1994.
- DIAS JUNIOR, M. S. et al. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural de um Latossolo Amarelo cultivado com eucalipto na Região de Peçanha - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 343-349, 2003.
- DIAS JUNIOR, M. S. et al. Soil compaction due to forest harvest operations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 257-264, fev. 2007.
- KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- MIRANDA, E. E. V. et al. Efeito do manejo e do tráfego nos modelos de sustentabilidade da estrutura de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. esp., p. 1506-1515, dez. 2003.
- SERVADIO, P. et al. Effect on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 61, n. 3-4, p. 143-155, 2001.
- SIGMA PLOT. **Scientific Graphing Software**: version 8.0. San Rafael: Jandel Corporation, 2006.
- SILVA, R. B. et al. Efeito da adsorção de fosfato em parâmetros físicos e na compressibilidade de solos tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 219-226, abr./jun.1999.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8th. ed. Iowa: University Press Ames, 1989.
- TAYLOR, D. W. **Fundamentals of soil mechanics**. New York: John Wiley and Sons, 1948.