VI SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
II SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO RJ
20/09/2010 à 24/09/2010

MODELAGEM DA COMPACTAÇÃO DE UM CAMBISSOLO HÚMICO SUBMETIDO AO TRÁFEGO DE MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL

Jean Alberto Sampietro[(1)], José Miguel Reichert[(1)], Cedinara Arruda Santana Morales[(1)], Eduardo da Silva Lopes[(2)], Rodrigo Lima[(3)]

(1) Universidade Federal de Santa Maria, (2) Universidade Estadual do Centro-Oeste, (2) Universidade Federal do Paraná

engsampietro@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A compactação é o processo de ação mecânica na qual se impõe ao solo uma redução de seu índice de porosidade, que é definido como a relação entre o volume de espaços vazios e o volume de sólidos. Uma das propriedades físicas indicadora do grau de compactação é a resistência à penetração, que apresenta relação direta com a densidade do solo (Ribon e Tavares Filho, 2008) e relação inversa com o conteúdo de água (Correchel et al., 1999).

Devido à grande variabilidade de fatores que afetam a compactação do solo, entender as relações entre as variáveis que explicam esse processo é muito difícil, principalmente em condições de campo. No entanto, o aumento na compreensão desses processos com o uso de modelos ou funções vem permitindo avaliar alternativas para a sua minimização (Dias Júnior e Pierce, 1996).

O objetivo deste trabalho foi estimar a resistência mecânica à penetração de um Cambissolo Húmico submetido ao tráfego de máquinas de colheita florestal em povoamentos de *Pinus taeda* L.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em áreas operacionais de uma empresa florestal, no município de Dr. Pedrinho, SC. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como mesotérmico úmido (Cfb), com temperatura média anual de 19,7ºC, precipitação média anual entre 1.600 a 1.700 mm e altitude de 530 m. O solo foi classificado como um Cambissolo Húmico Aluminíco típico (CHa) de textura franco-argilo-arenosa, relevo de plano a suave ondelado, com 244, 116 e 640 g kg^{-1} de argila, silte e areia, respectivamente, e teor médio de carbono orgânico de 19,86 g dm^{-3} até 50 cm de profundidade.

O sistema de colheita empregado era o de Árvores Inteiras ("Full-tree"), onde foi utilizado um trator "Feller-buncher", marca "Caterpillar" 522, com rodados de esteiras no corte das árvores, e um trator "Skidder", marca "Caterpillar" 545, com rodados de pneus com semi-esteiras na dianteira na extração das árvores.

A coleta de dados foi realizada de abril a setembro de 2009, sendo feita em talhões próximos, durante condições secas e chuvosas, procurando contemplar distintas condições de umidade no solo. As variáveis de densidade do solo (Ds) e umidade gravimétrica (Ug) foram determinadas conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997), sendo coletadas amostras indeformadas do solo com anéis volumétricos de 100 cm^3, em parcelas amostrais de 10 x 25 m alocadas na linha de tráfego das máquinas e fora da linha de tráfego (2 m de distância), em cinco pontos eqüidistantes quatro metros entre si até 50 cm de profundidade. A resistência à penetração (RP) foi determinada nos mesmos pontos amostrais, com o uso de um penetrógrafo digital "Eijkelkamp" 06.15 SA.

Primeiramente, foi realizada a eliminação dos dados discrepantes ("outliers"), seguindo os critérios citados por Tukey (1977). Em seguida foram desenvolvidas e ajustadas equações de regressão múltipla, usando as variáveis Ds e Ug como independentes, e a variável RP como dependente, sendo comparados e avaliados: um modelo aritmético com variáveis puras (MAVP); um modelo ajustado por "Stepwise" aritmético com variáveis mistas (MSAM); um modelo ajustado por "Stepwise" logarítmico com variáveis mistas (MSLM); e o modelo proposto por Busscher (1990) linearizado e adaptado (MBLA). Para a avaliação estatística das equações, utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj), o erro padrão da estimativa absoluto e em percentagem (Syx e Syx%), e o valor de F, sendo que a equação de melhor ajuste foi usada para ilustrar a variação da RP em função da Ug e da Ds.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela tabela 1, se observa que dentre os modelos testados, o MSAM apresentou o melhor R^2 aj com 0,713, seguido pelo MAVP (R^2 aj = 0,712), e pelo MSLM (R^2 aj = 0,709). O Syx e Syx% para os dois modelos com melhor R^2 aj (MSAM e MAVP), foi de 0,287 MPa e 18,6%, respectivamente, para o MSAM, e de 0,288 MPa e 18,7 %, respectivamente, para o MAVP. Em relação ao valor de F, o MSAM (F = 308,4) se mostrou superior ao MAVP (F = 305,6).

Tabela 1: *Parâmetros estatísticos das equações ajustadas para estimativa da RP.*

Modelo	Equações	R^2 aj	Syx	Syx (%)	F	N
MAVP	RP = 1,16** + 1,33**Ds – 3,47**Ug	0,712	0,288	18,7	305,6	248
MSAM	RP = 4,21** – 1,67**Ds^{-1} – 3,59**Ug	0,713	0,287	18,6	308,4	248
MSLM	LnRP = 1,91** – 1,46**Ds^{-1} – 6,20**Ug^3	0,709	0,290	18,8	301,2	248
MBLA	LnRP = – 0,66** – 0,72**LnUg + 1,45**LnDs	0,613	0,334	21,7	196,5	248

*significativo a 5 %; **significativo a 1 %; Ln: logaritmo neperiano; N: número de repetições.

Considerando todas as avaliações estatísticas, o MSAM se mostrou o melhor, seguido pelo MAVP. Nota-se ainda, que o MBLA foi o pior em todas as avaliações, salientando que todos os parâmetros estatísticos deste modelo e do MSLM, foram recalculados para a variável de interesse, ou seja, para RP em MPa. A fig. 1 mostra a aplicação do modelo que teve melhor ajuste (MSAM), de acordo com os critérios escolhidos. Fica evidente que a RP é dependente da Ug e da Ds. Porém, percebe-se que existem outros fatores que influenciam o comportamento da RP, podendo ser a textura e a matéria orgânica, como relataram Smith et al. (1997).

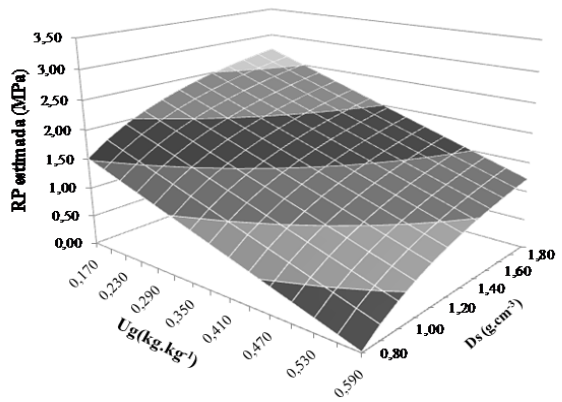

Fig. 1: *Variação da RP estimada pelo MSAM em função da Ug e Ds.*

De um modo geral, as equações desenvolvidas possibilitaram uma melhor compreensão das propriedades do solo, mostrando que as relações entre as variáveis do processo de compactação apresentam complexidade para serem explicadas, principalmente em condições de campo.

4. CONCLUSÕES

A RP se mostrou dependente da Ug e da Ds. No entanto, outras variáveis devem ser contempladas para melhor explicar o processo de compactação do solo. Por isso, deve haver cautela na utilização dos modelos propostos.

5. BIBLIOGRAFIA

BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a commom water content. **Transactions of the American Society of Agriculture Engineering**, v.3, p.519-524, 1990.

CORRECHEL, V.; SILVA, A.P.; TORMENA, C. A. Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1999, 23:165-173.

DIAS JÚNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de literatura: O processo de compactação solo e sua modelagem. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 20: 175-182, 1996**.**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

RIBON, A. R.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1817-1815, 2008.

SMITH, C. W.; JOHNSTON, M. A.; LORENTS, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.41, n.1/2, p.53-73, 1997.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. 1 ed. Reading, Massachusetts, v.1/3, 1977.