

# Efeito da compactação do solo causada pelo tráfego do *Harvester* e *Forwarder* na colheita de eucalipto

Elton da Silva Leite <sup>(1)</sup>; Jaqueline Silva Santos <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; e-mail: eltonslite@gmail.com.

<sup>(2)</sup> Mestranda em solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia; e-mail: jakisila17@gmail.com.

**RESUMO:** O uso de máquinas na colheita florestal tornou a atividade mais competitiva e rentável, porém o intenso trânsito sob o solo ocasiona um sério problema, a compactação. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da compactação de um solo causada pelo tráfego do *Harvester* e *Forwarder*. A resistência à penetração do solo (RSP) foi avaliada antes das operações e após o tráfego das máquinas, obtendo o efeito da compactação do solo sob o deslocamento da máquina na colheita de eucalipto. O tráfego no módulo de colheita florestal apresentou influência no aumento da RSP e os maiores valores de ocorreram até a camada de 30 cm. A partir dessa profundidade o tráfego dos veículos não influenciou a compactação do solo.

**Termos de indexação:** mecanização, corte florestal, resistência à penetração do solo.

## INTRODUÇÃO

A colheita florestal possuem subsídios relevantes na economia do Brasil participando cerca de 5% do PIB (Produto Interno Bruto), além de reduzir a exploração de florestas nativas, esse sistema está ocasionando sérios impactos ambientais, devido ao uso intensivo de máquinas florestais de alta tecnologia sob os atributos físicos do solo, a compactação (FREITAS et al., 2007).

A compactação passa a existir a partir da aplicação de carga superior a capacidade de suporte dos solos. O tráfego intenso e sem controle das máquinas de colheita florestal, tem corroborado com o agravamento da compactação e perda da produtividade (DIAS JUNIOR et al., 2005; SAMPIETRO et al., 2015).

O sistema de colheita florestal tem ocasionado um processo acelerado de degradação do solo, mediante ao emprego de máquinas pesadas na colheita que exercem grande força no corte, processamento e deslocamento da madeira (SEIXAS et al., 2001). O tráfego intenso de máquinas tem sido o principal responsável pelo aumento da compactação do solo, reduzindo a infiltração e percolação da água da chuva (FREITAS et al., 2007), além de acarrear aumento da densidade, diminuição da porosidade e condutividade hidráulica (HANZA et al., 2005; HORN et al., 2007; SUZUKI et al., 2007).

A operação de baldeio florestal, ou seja, a extração de toras processadas realizado pelo transportador *forwarder* apresenta tráfego intenso e pode causar aumento gradativo na compactação do solo. Seixas et al. (2007), estudando a influência do número de passadas das máquinas na compactação do solo verificaram que 80% do incremento da compactação ocorreram nas cinco primeiras passadas de um *forwarder*.

Diante disso, as empresas estão adotando o uso de tratores com rodados de esteiras, pneus duplos, pneus com maiores dimensões com baixa pressão e alta flutuação (BPAF) e redução das trilhas de tráfego, com o intuito de proporcionar menor compactação mecânica (LIMA et al., 2008).

Visando a minimização de impactos ambientais, estão sendo desenvolvidos estudos com modelos de capacidade de suporte de carga para adaptar o manejo do solo e operações mecânicas à exploração florestal sustentável (SILVA et al., 2011). Estes estudos devem estar direcionados os módulos de colheitas tradicionais e as novas composições de máquinas, necessitando de levantamentos detalhados da compactação do solo nos sítios.

Sendo assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da compactação de um solo causada pelo tráfego do *Harvester* e *Forwarder*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área com povoamentos de eucalipto, localizada no Município de Eunápolis-Bahia-Brasil, com volume por árvore de 0,27 m<sup>3</sup>. O solo da região de estudo foi classificado como um Argissolo - Amarelo distrófico. O clima é classificado como clima tropical úmido (Af) (KÖPPEN, 1948). A precipitação pluviométrica média anual de 1.256 mm, com temperatura média anual de 23 °C.

O módulo de colheita avaliado foi composto pelo *Harvester* (derrubada e processamento) e *Forwarder* (baldeio). O *Harvester* foi constituído por uma máquina base escavadora de esteira da Volvo, modelo EC210B prime, com potência de 110 KW, cilindrada de 5,7 L, equipada com o cabeçote da marca Ponsse, modelo H7. Utilizou o *Forwarder* da marca Ponsse, modelo *Buffaloking*, com tração 8x8 de pneus BPAF, motor 205 kW de potência, capacidade de carga de 18.000 kg e com alcance da grua de 9,5 m.

As análises físicas do solo foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB, localizado no campus de Cruz das Almas – BA, Brasil. Foram realizadas coletas de amostras indeformadas por meio do método do anel volumétrico de *Uhland* em três níveis de profundidade: 0-20, 20-40 e 40-60 cm, cada uma com cinco repetições. Os parâmetros físicos avaliados estão descritos na **tabela 1**.

Para a determinação da umidade e densidade do solo as foram colocadas em estufa durante 24 horas, a 105 °C, seguindo os critérios descritos pela Embrapa (1997). A resistência do solo à penetração (RSP) foi determinada, com um penetrômetro digital com motor acoplado no trator agrícola da marca Falker modelo SoloStar. Foram registrados os valores a cada um centímetro de profundidade, conforme descrito por Lima (1998), Mercante et al. (2003) e Lima et al. (2008). A RSP foi de até 0,60 m de profundidade, com 30 repetições sendo medida diretamente na linha de tráfego de colheita. As medições foram realizadas: Pré-tráfego, Pós-*Harvester* e Pós-*Forwarder*.

Os resultados foram submetidos à técnica da análise de variância, nos casos em que houve diferenças foi efetuado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, por meio do programa computacional SAS 9.2 (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da resistência à penetração do solo (RPS) na linha de tráfego no módulo de colheita florestal constituído pelo *Harvester* e *Forwarder* estão dispostos na (**Figura 1**). Neste módulo de colheita a maior resistência à penetração do solo (RPS) foi de 9,46 Mpa nos 10 cm do solo após o tráfego do *Forwarder*.

Outro resultado expressivo do estudo foi em relação à profundidade, verificou que a partir da profundidade de 40 cm a RSP é muito semelhante, indicando que o trânsito das máquinas tem baixa influência na compactação do solo nas camadas mais profundas.

Os resultados apresentados na **figura 1** indicam que todas as intensidades de tráfego de máquinas na área do estudo corroboraram com aumento da compactação do solo. Os resultados obtidos no módulo de colheita implica na restrição do desenvolvimento radicular, necessitando da descompactação do solo, por meio de prática de subsolagem (BYRNES et al., 1982).

De acordo com os dados obtidos é possível observar que a maior parte da influência do tráfego de veículos sobre a compactação do solo ocorreu após a efetivação das passadas do veículo. Lima et al. (2008), constataram que o tráfego dos veículos na trilha proporcionam incremento na sua compactação com aumento da RSP nas três

condições de operações. Conforme Seixas et al. (2007), a maior parte da compactação do solo aumenta em função do tráfego intenso de veículos.

Os resultados demonstram elevada compactação na camada de 0 a 10 cm após o tráfego do *Forwarder*, sendo encontrado o aumento em torno de 3,5 MPa, elevando os valores e restringindo o desenvolvimento radicular. Dedecek et al. (2005), afirmam que a RSP acima de 3,0 MPa dificulta a penetração de raízes de espécies florestais. Resultados encontrados por Szymczak et al. (2014) demonstram que as operações de colheita causaram maior impacto ao solo nas camadas de 0-10 cm, semelhante aos dados encontrados neste estudo.

O *Forwarder* apresentou maior carga sobre o solo em relação ao *Harvester* em razão do deslocamento sucessivos no mesmo local, fato que justificam a maior compactação do solo, principalmente, nas camadas mais superficiais. Esses resultados corroboram com obtidos por Silva et al. (2011), onde avaliaram a intensidade de tráfego e carga do *Forwarder* sobre a compactação de dois tipos de solos e observaram que a medida que aumenta número de passagens do *Forwarder* promove aumento na compactação do solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Seixas et al. (2007), evidenciaram que a partir de 40 cm de profundidade o número de passagens do veículo não influenciavam mais na compactação do solo depois dessa profundidade.

Para Lopes et al. (2015) o *Forwarder* contribuiu com o aumento da compactação, especialmente, nas camadas mais superficiais do solo em função das passadas das máquinas nas trilhas de extração, inferindo também que essa camada é mais sensível a operações realizadas por máquinas.

## CONCLUSÕES

O tráfego no módulo de colheita florestal: *Harvester* + *Forwarder* apresentaram influência no aumento da resistência à penetração do solo (RPS) e os maiores valores ocorreram até a camada de 30 cm. A partir dessa profundidade o tráfego dos veículos não influenciou a compactação do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Veracel Celulose S.A., pelo apoio financeiro e pela oportunidade.

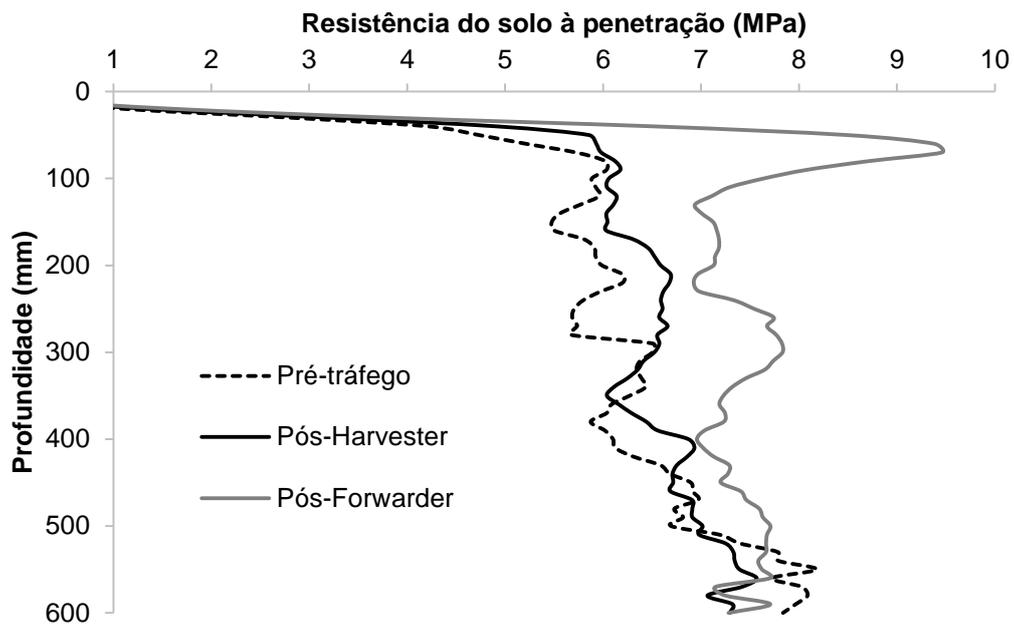
## REFERÊNCIAS

- BYRNES, W. R.; M.F.E.; E, W.W.; STEINNHARDT, G. C. **Soil compaction related to agricultural construction operations**. West Lafayette: Purdue University, 1982. 107p.
- DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na profundidade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.383-390, 2005.
- DIAS JUNIOR, M. S. et al. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.248-255, 2005.
- FREITAS, L.C.; MACHADO, C.C.; JACONINE, L.A.G. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos, **Revista Ceres**, p. 297-308, 2007.
- 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, n.2, p.121-145, 2005.
- HORN, R. et al. Impact of forest model vehicles on soil physical properties. **Forest Ecology and Management**, v.248, n.1, p.56-63, 2007.
- JAKOBSEN, B. F.; GREACEN, E. L. Compaction of sandy forest soils by Forwarder operations. **Soil & Tillage Research**, v. 5., n. 1., p. 55-70, 1985.
- KOPPEN, W. **Climatologia com um estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478p.
- LIMA, J. S. S. **Avaliação da força de arraste, compactação do solo e fatores ergonômicos dos tratores florestais “Feller-Buncher” e “Skidder” utilizados na colheita de madeira**. 1998. 128f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,1998.
- LIMA, J.S.S.; OLIVEIRA, P.C.; OLIVEIRA, R.B.; XAVIER, A.C. Métodos geoestatísticos no estudo da resistência do solo à penetração em trilha de tráfego de tratores na colheita de madeira. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.931-938, 2008.
- LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C.K.; DRINKO, C.H. Compactação de um Solo Submetido ao Tráfego do Harvester e do Forwarder na Colheita de Madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 223-230, 2015.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPOZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6. p.1149-1159, 2003.
- SEIXAS, F.; OLIVEIRA, E.D. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. **Revista Scientia Forestalis** n. 60, p. 73-87, dez. 2001.
- SEIXAS, F.; SOUZA, C. R. Avaliação e feito da compactação do solo, devido à frequência de tráfego, na produção de madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1047-1052, 2007.
- SILVA, A.R.; DIAS JÚNIOR, M.S.; LEITE, F.P. Avaliação da intensidade de tráfego e carga de um *forwarder* sobre a compactação de um Latossolo Vermelho-amarelo. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.547-554, 2011.
- SUZUKI, L.E. A. S. et al. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1159-1167, 2007.
- SZYMCZAK, D.A.; BRUN, E.J; REINERT, D.J. et al. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de pinus taeda na região sudoeste do paraná. **Revista Árvore**, v.38, n.4, p.641-648, 2014.

**Tabela 1** - Porosidade, umidade e a densidade em função da profundidade do solo.

Prof. Cm	VTP (%)	Micro (%)	Macro (%)	DS g cm <sup>-3</sup>	UG
0-20	43.17	25.04	16.36	1.47	11.61%
20-40	42.03	24.39	18.24	1.48	11.50%
40-60	42.6	24.72	17.3	1.48	11.05%

VTP (%) = volume total de poros, Micro (%) = microporosidade, Macro (%) = macroporosidade, DS = densidade do solo, UG = umidade gravimétrica.



**Figura 1** - Resistência do solo à penetração pré e pós o tráfego do *Harvester* e *Forwarder*.