

## DESENVOLVIMENTO DA SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE PRESSÕES DE INFLAÇÃO NOS PNEUS DE UM TRATOR AGRÍCOLA

Rafael Belavenuta Pinto<sup>1</sup> e Fabricio Leite<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/nº, Bairro São Cristóvão, Umuarama – PR, CEP: 87020-900. E-mail:

[rafaelbelavenuta@hotmail.com](mailto:rafaelbelavenuta@hotmail.com), [fleite2@uem.br](mailto:fleite2@uem.br)

\*autor correspondente: [fleite2@uem.br](mailto:fleite2@uem.br)

**RESUMO:** O tráfego de máquinas é a principal causa de compactação do solo, intensificada pela modernização agrícola, apresentando aumento significativo do peso das máquinas e equipamentos e a intensificação do uso destes no solo, além disso, o sistema de plantio direto é o mais utilizado que consiste na mínima mobilização do solo, com isso aumentando ainda mais a compactação do solo. O experimento foi conduzido em área pertencente ao município de Cândido Mota - SP, a área utilizada para o experimento vem de um cultivo sucessivo de soja e milho. Os tratamentos foram cinco níveis de pressão, sendo estes, 90, 110, 131, 152 e 172 kPa, em um delineamento experimental em blocos casualizados com 5 repetições. Cada tratamento foi preparado com a utilização do conjunto trator/semeadora, em que foi alterada apenas a pressão de inflação dos pneus do trator. Desta forma concluiu-se que, quanto maior a pressão de inflação do pneu e com o passar dos anos de tráfego no sistema de plantio direto, há uma perda significativa na produtividade da soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo, máquinas, produtividade.

## DEVELOPMENT OF SOYBEAN SUBJECTED TO DIFFERENT LEVELS OF INFLATION PRESSURES IN THE TIRES OF AN AGRICULTURAL TRACTOR

**ABSTRACT:** The traffic of machines is the main cause of soil compaction, intensified by the agricultural updating, with a significant increase in weight of the machines and equipment and the increased use of them on the soil, in addition, the no-tillage is the most used and consist in minimum tillage, this way increasing the soil compaction. The experiment was conducted in an area of the city of Candido Mota - SP, the area used for the experiment comes from a continuous cultivation of soybeans and corn. The treatments were five levels of pressure, these being 90, 110, 131, 152 and 172 kPa, on a randomized complete block design with five repetitions. Each treatment was prepared using the tractor / seeder, it was changed only inflation pressure of tires of the tractor. Thus it was concluded that the higher the inflation pressure of the tire and traffic in no-till system over the years, there is a significant loss in soybean yield.

**KEY WORDS:** Soil, machines, productivity.

## INTRODUÇÃO

A importância da cultura da soja no Brasil é enorme, uma vez que o país detém o título de segundo maior produtor mundial de, com uma produção de 75,3 milhões de toneladas e com uma área de 24,2 milhões de hectares (EMBRAPA, 2011). No que se refere à região sul do

estado de São Paulo, o município de Cândido Mota apresenta base econômica na agricultura, sendo que o cultivo de soja aparece com predominância, apresentando produtividade média de aproximadamente 2650 Kg ha<sup>-1</sup>, e uma área cultivada de 2800 hectares (IBGE, 2007).

O tráfego de máquinas é a principal causa de compactação do solo, intensificada pela modernização agrícola, apresentada pelo aumento significativo do peso das máquinas e equipamentos e a intensificação do uso destes no solo. No entanto, este processo não foi acompanhado por um aumento proporcional do tamanho e largura dos pneus, acarretando significativas modificações nas propriedades físicas do solo (Richart et al., 2005).

Porém, a utilização de um trator na propriedade é variada, devendo-se considerar que tipos de pneus e pressões de inflação inadequadas representam elementos negativos para a maior parte de operações culturais. Esta condição induz a compactação do solo, a emissão de gases poluentes ao ambiente, bem como o aumento do consumo de energia durante a execução do trabalho, além de afetar o desenvolvimento da lavoura (Mazetto, 2004).

Portanto, quando um solo não se encontra saturado e é submetido à determinada pressão, haverá redução de volume com conseqüente aumento de densidade, desencadeando o processo de compactação do solo (Gupta e Allmarras, 1987). A compactação é caracterizada por uma alteração da propriedade física do solo, o que acarretará a reorganização das partículas e de seus agregados. Tal processo pode ocasionar limitação na absorção de nutrientes, na infiltração e na redistribuição de água, como também, nas trocas gasosas, no crescimento e desenvolvimento radicular, resultando, assim, na queda significativa de produtividade das culturas (Stone et al., 2002). No sistema de plantio direto, em que há a mínima mobilização do solo é comum a ocorrência de aumento na densidade do solo (Silva et al., 2000; Secco et al., 2004).

A compactação compreende um sério problema para os solos agrícolas, de forma que vem mobilizando novos estudos para a compreensão deste processo e suas singularidades, como incentivo para a busca de medidas que permitam a comparação entre os diferentes solos (Almeida et al., 2008). O reconhecimento da ocorrência de interações entre o tipo de solo e a compactação do mesmo, como também, entre as prováveis interferências da compactação nas produções das culturas, demonstram a necessidade de quantificação baseadas na avaliação da influência das práticas de manejo sobre às condições físicas do solo (Tormena et al., 1988; Silva et al., 2006).

A relação do grau de compactação com as propriedades físicas do solo e culturas, ainda deve ser testada para que sejam definidos os valores críticos de grau de compactação encontrados no desenvolvimento de plantas. Nesse sentido, sabe-se que as respostas das plantas à compactação variam de acordo com os solos, as condições de umidade (Silva et al., 2006; Beulter et al., 2007), as culturas e as cultivares (Beulter et al., 2006; Silva et al., 2006).

Diante dos conteúdos expostos, observa-se a necessidade de novos estudos que buscam relacionar a compactação do solo com o desenvolvimento de plantas e com os diferentes tipos de pressões exercidas por pneus que serão utilizados, a fim de que haja o menor impacto na estruturação do solo (Almeida et al., 2008; Silva et al., 2006).

Dessa forma, esta pesquisa se reveste de importância, na medida em que objetiva compreender o impacto da compactação do solo no desenvolvimento das plantas e as conseqüências do tráfego de máquinas, na especificidade da prática do cultivo de plantio direto. Com isso o objetivo do trabalho é avaliar o desenvolvimento da soja sobre o efeito de cinco pressões de inflação de pneus agrícolas, simulando uma área cultivada por dez anos de plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área pertencente ao município de Cândido Mota - SP, localizado na latitude 22° 44'S e longitude 50° 23'W. A área utilizada para o experimento vem de um cultivo sucessivo de soja e milho, sendo o solo dessa área classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). A cultivar de soja utilizada no experimento foi a Vmax.

O ensaio foi preparado com a utilização do conjunto trator/semeadora, em que foi alterada apenas a pressão de inflação dos pneus do trator. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de pressão, sendo estes, 90, 110, 131, 152 e 172 kPa, em um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com 5 repetições. Cada parcela possuía uma área de 50 m<sup>2</sup> (5,00 m x 10,0 m), com espaçamento lateral (intervalo entre blocos) de 2 m e foram deixados 20 m (entre parcelas) para a área de manobra do trator e semeadora.

Antes do preparo dos tratamentos foi determinada a densidade (5 – 10 cm) de 1,683 g cm<sup>-3</sup> e teor de água no solo (5 – 10 cm) de 0,13 g g<sup>-1</sup>, conforme EMBRAPA (2006). Posteriormente os tratamentos foram conduzidos com o tráfego de 10 passadas do trator

sempre no mesmo rastro, marcando o solo na faixa em que ocorreu o traçado do pneu sobre as parcelas (simulando tráfego controlado de semeadura direta de 10 anos), sendo que no décimo tráfego foi acoplado ao trator a semeadora efetuando assim a semeadura da soja (densidade de 16 sementes por metro). Posteriormente, avaliou-se a resistência do solo à penetração de cada tratamento com auxílio de um penetrômetro manual nas camadas de 0-10 e de 10-20 cm.

Em relação ao desenvolvimento da cultura da soja, no final do seu ciclo, foi avaliada a altura de planta, comprimento de raízes, raio médio de raízes, produtividade, peso de cem sementes e números de vagens, em metodologia descrita por Barber (1995). Para medição de tais variáveis foi utilizada uma trena, paquímetro e uma balança de precisão.

O trator utilizado para estabelecer os diferentes níveis de pressão foi o Ford New Holland 7630, com potência nominal do motor de 78 kW (106 cv), tração 4 x 2 TDA (tração dianteira auxiliar) e com peso de embarque de 35,6 kN (3630 kgf) e com pneus dianteiros tipo 14.9-28R1 e os pneus traseiros tipo 23.1-30R1, com lastragem líquida de 75% de água no pneu. A semeadora adubadora utilizada foi a PST3 Super Tatu, oito linhas com espaçamento de 50 cm. Durante todas as operações foi mantida a rotação do motor do trator em 1800 rpm.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativos os valores médios foram submetidos ao teste de tukey ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois do tráfego e da semeadura da soja, foi mensurado a resistência do solo à penetração da camada de 0-10 cm e de 10-20 cm de cada parcela. Verificou-se que o tratamento 172 kPa, na camada de 0-10 cm, diferiu estatisticamente do tratamento de 110 kPa e da testemunha. Ainda nessa faixa de profundidade, a testemunha e os tratamentos 90, 110, 131 e 152 kPa não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 1).

A justificativa para a ocorrência desse fato é que a testemunha não houve tráfego de máquinas, portanto apresentou a menor resistência do solo à penetração. Já o tratamento 172 kPa foi onde ocorreu o tráfego da máquina com maior inflação nos pneus ocorrendo desta forma incremento na compactação do solo, o que resultou no maior valor de compactação do solo, corroborando com Mazetto (2004) e Richart et al. (2005).

Na camada de 0-20 cm de profundidade, pode-se verificar que houve diferença estatística somente em relação a testemunha para o tratamento de 172 kPa. Os demais

tratamentos não mostraram diferença estatística. Assim como na camada de 0-10 cm o tratamento 172 kPa foi onde houve o maior incremento do solo na resistência a penetração, isto se deve ao fato de que, quanto menor a área de contato devido a altas pressões de inflação, conforme exposto por Mazetto (2004), maior será a pressão exercida sobre o solo.

**Tabela 1** – Valores médios para a resistência do solo à penetração (MPa) para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm

Tratamentos	0-10 cm	10-20 cm
172 kPa	5,82 b	6,01 b
152 kPa	5,27 ab	5,02 ab
131 kPa	4,23 ab	5,02 ab
110 kPa	3,61 a	5,27 ab
90 kPa	5,02 ab	5,03 ab
Testemunha	3,45 a	5,49 a
C.V. (%)	20,54	10,25
Média Geral	4,53	5,10

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação.

Observando-se os resultados da altura de plantas (AP), percebe-se que o tratamento em que aplicou-se 110 kPa diferiu dos demais, sendo a pressão inflação na qual se obteve melhores resultados para variável analisada, com o trator testado. O tratamento 172 kPa diferiu-se estatisticamente dos demais, exceto de 152 kPa, porém neste tratamento obteve-se a menor altura de planta, portanto não sendo viável para o crescimento das plantas. Entretanto, nos tratamentos 90 kPa, 131 kPa e na testemunha não ocorreram diferenças significativas, em relação a altura de planta. Porém, de acordo com Beulter et al. (2006) a altura das plantas de soja decresceu a partir de duas passadas do trator no mesmo local.

Para comprimento de raiz (CR), a testemunha obteve um melhor resultado, diferindo-se estatisticamente dos demais (Tabela 2). Isto ocorreu pelo fato de não ter ocorrido tráfego de máquinas, o que resultou em melhor desenvolvimento do sistema radicular, não apresentando impedimentos físicos para o desenvolvimento da mesma. Entretanto, com o tratamento 172 kPa, por ser uma elevada pressão de inflação, resultou em um menor comprimento de raiz,

devido a compactação do solo ser maior, conforme pode ser observado na Tabela 1. Em solos compactados ocorre alteração da estrutura e, como consequência o decréscimo da macroporosidade do solo, disponibilidade de água e nutrientes e da difusão de gases no solo (Taylor e Brar, 1991), cujas relações com o desenvolvimento das raízes são fundamentais. Segundo Queiroz-Voltan et al. (2000), em solos compactados, as raízes das plantas não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado.

**Tabela 2** - Valores dos tratamentos 90, 110, 131, 152, 172 kPa de pressão no pneu e testemunha, para as variáveis altura de planta (AP), comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), número de vagens (V), peso de 100 sementes (PS) e produtividade (PD) de soja

Tratamentos	AP (cm)	CR (cm)	DR (cm)	V	P100 (Kg)	PD (Kg/ha)
172 kPa	63,02 a	9,50 a	1,05 a	32,00 a	0,017 b	2268 a
152 kPa	68,70 ab	10,72 ab	1,07 a	45,04 ab	0,015 a	2954 ab
131 kPa	72,76 ab	10,26 ab	1,07 a	41,02 ab	0,017 b	2912 ab
110 kPa	78,64 c	11,68 ab	1,11 a	48,66 bc	0,016 b	3402 bc
90 kPa	71,72 bc	11,44 ab	1,10 a	50,38 bc	0,017 b	3584 bc
testemunha	76,12 bc	12,54 c	1,01 a	55,84 c	0,017 b	3976 c
C.V. (%)	5,26	6,99	4,77	11,37	2,59	11,29
Média Geral	71,82	11,02	10,81	45,49	0,016	0,227

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação.

Em relação ao diâmetro de raiz (DR) da da soja (Tabela 2), não houve diferença significativa estatisticamente entre os tratamentos testados, mostrando que a pressão de inflação não influenciou no desenvolvimento deste atributo da planta. Entretanto, Guimarães et al. (2002) verificaram, em vasos, que na camada superficial de solo compactada a densidade radicular diminuiu e a espessura das raízes do feijoeiro aumentou com o aumento da compactação e abaixo da camada 0-20 cm ocorreu aumento na densidade radicular com aumento da compactação na camada superior.

Em relação ao parâmetro número de vagens (V), a testemunha obteve os melhores resultados, por não haver tráfego de máquinas, contudo, estatisticamente não ocorreram diferenças entre ela e os tratamentos 110 kPa e 90 kPa. A maior pressão de inflação ocasionou menor número de vagens, sendo estatisticamente igual a 131 kPa, mostrando que pressões de inflação menores nos pneus, provavelmente, houve um maior rendimento no número de vagens na soja (Tabela 2).

Para a massa de 100 sementes (P100), o tratamento 152 kPa, diferiu-se estatisticamente dos demais (Tabela 2), apresentando menor peso de sementes, não sendo indicado o uso desta pressão no cultivo do solo. Nos outros tratamentos não houve diferenças estatísticas significativas. Esta pressão aplicada no solo pode ter influenciado, segundo Hakansson & Voorhees, 1998; Flowers e Lal (1998), na planta, pois a compactação do solo reduz o crescimento radicular por impedimento mecânico, aeração deficiente e menor taxa de absorção de água e nutrientes, causando decréscimos significativos de produtividade.

Quanto à produtividade (PD), a testemunha apresentou maior produtividade, pelo fato de não ter ocorrido tráfego de máquinas e conseqüentemente, de forma a apresentar menor compactação do solo. Além disso, a testemunha não diferiu do tratamento 110 kPa e 90 kPa. Nos tratamentos em que aplicou-se 172 kPa obteve-se menor produtividade, devido à maior pressão de inflação, sendo estatisticamente igual a 131 e 152 kPa, condição na qual gera problemas de compactação do solo (Beutler et al., 2006), gerando decréscimos na produtividade de soja.

## CONCLUSÕES

O aumento de inflação de pressão dos pneus e com a simulação de dez anos de plantio direto, gerou aumento na compactação do solo e decréscimo no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja, exceto para as variáveis diâmetro de raiz, e resistência a penetração do solo. O tratamento de 172 kPa gerou os piores resultados no desenvolvimento da cultura da soja.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C.X.; CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; JORGE, R.F. & BARBOSA, J.C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo a penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viços, v.32, p.2235-2243, 2008.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability – a mechanistic approach**. 2Ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p. 1995. 414p.

BEULTER A.N.; CENTURION J.F., Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.6, p.581-588, 2004.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; SILVA, A.P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1223-1232, 2006.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; Leonel, C.L.; JOÃO, A.C.G. S.; FREDDI, O.S. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1223-1232, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultura da soja**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 2011. 8p. – Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br>. Acesso em: 15 out. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 212p.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro - II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.213-218, 2002.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

HÅKANSSON, I.; VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWARD, B.A. (Ed.). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRS Press, 1998. p.167-179.

IBGE CIDADES. **Levantamento de dados econômicos e agropecuários**. Dados do ano de 2010. Brasília: IBGE, 2010. 2p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=351000>. Acesso em 19 out. 2007.

MAZZETO, F. R. **Avaliação das metodologias de determinação das áreas de contato e deformações elásticas de pneus agrícolas em função das pressões de inflação e cargas radiais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.929-938, 2000.

RICHART, A.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Produtividade de soja e propriedades físicas de um latossolo submetido a sistema de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.797-804, 2004.

SILVA, G.J.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso submetidas a irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.31-40, 2006.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.191-199, 2000.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, A.A.J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico- hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v6, p.207-212, 2002.

TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, p.111-119, 1991.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.C.; DEXTER, A.R. Quantification of the soil physical quality of a tropical Oxisol using the S index. **Scientia Agricola**, Maringá, v.65, p.56-60, 2008.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.573-581, 1998.