

# Efeitos da umidade do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora na densidade do solo na linha de semeadura

Alcir José Modolo<sup>1</sup>, Haroldo Carlos Fernandes<sup>2</sup>, João de Mendonça Naime<sup>3</sup>, João Cleber Modernel da Silveira<sup>4</sup>, Carlos Ernesto Gonsalves Schaefer<sup>5</sup>, Nerilson Terra Santos<sup>6</sup>

## RESUMO

O condicionamento físico do solo ao redor das sementes reveste-se de grande importância para o bom desenvolvimento inicial de uma cultura, assegurando população adequada de plantas. O contato ideal solo-semente é um pré-requisito para a rápida emergência e o bom estabelecimento da cultura. Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da combinação entre teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora de uma semeadora-adubadora sobre os perfis da densidade do solo na linha de semeadura em sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjado em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Consideraram-se como parcelas os três teores de água (0,27, 0,31 e 0,36 kg kg<sup>-1</sup>) e as subparcelas os quatro níveis de carga aplicada pela roda compactadora (0, 50, 90 e 140 N). Após a semeadura, foram avaliados os perfis de densidades mínima, média e máxima do solo na linha de semeadura, usando tomografia computadorizada. Os resultados permitem concluir que independentemente da carga aplicada pela roda compactadora, a densidade média do solo, no teor de água 0,36 kg kg<sup>-1</sup>, apresentou valores que podem influenciar negativamente no desenvolvimento radicular da cultura e que quanto maior o teor de água do solo mais suscetível ele fica à compactação.

**Palavras-chave:** Mecanização agrícola, plantio direto, emergência.

## ABSTRACT

### Effect of water content and load applied by the press wheel on soil density in the planted line

Physical conditioning of the soil around seeds is important for the good initial development of the crop, assuring an adequate plant population. Optimum contact soil-seed is a prerequisite for the fast germination and the good crop establishment. The objective of this work was to study the effects of the combination soil water contents and loads applied by the press wheel of seed drills on the soil density profile in the planted line, in a no-tillage system. The experiment was arranged in a randomized block design in a scheme of split-plots with four replicates. The three soil water contents (0.27, 0.31 and 0.36 kg kg<sup>-1</sup>) were considered as the plots, and the four load levels applied by the press wheel (0, 50, 90 and 140 N) as sub-plots. After planting, the minimum, medium and maximum soil density profile in the planted line were evaluated using computerized tomography. Results showed that regardless of the load applied by the press wheel, the mean soil density in the water contents of 0,36 kg kg<sup>-1</sup> presented values that can influence negatively plant root development, and that soil susceptibility to compaction increase with soil moisture.

**Key words:** Agricultural mechanization; no-tillage; emergence.

Recebido para publicação em março de 2008 e aprovado em junho de 2009

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor. Departamento de Eng<sup>o</sup>. Agrícola, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Caixa Postal 571, 85501-970, Pato Branco – PR, Brasil. alcir@utfpr.edu.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Av. P. H. Rolfs, s/n, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. haroldo@ufv.br

<sup>3</sup> Engenheiro Eletricista, Doutor. Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970 São Carlos, SP, Brasil. naime@cnpedia.embrapa.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor. Pontifícia Universidade Católica, Av. da União, 500 - Jardim Coopagro, 85902-532 Toledo, PR, Brasil. carlos.schaefer@ufv.br

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor. Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. Av. P. H. Rolfs, s/n, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. jamodernel@uol.com.br

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph Doctor. Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa. Av. P. H. Rolfs, s/n, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. nsantos@dpi.ufv.br

## INTRODUÇÃO

O sucesso do estabelecimento de uma cultura depende do ambiente do solo, que, inicialmente, deve ser adequado à germinação da semente e emergência da plântula e, finalmente, ao crescimento da planta. Para a cultura da soja, assim como nas demais culturas anuais, as operações de semeadura e adubação revestem-se de grande importância, pois eventuais problemas somente serão detectados após a germinação das plantas e seu crescimento, quando a correção, além de difícil e onerosa, compromete a produtividade.

Brown *et al.* (1996) e Silva (2002) relataram que no processo de semeadura de culturas anuais o condicionamento físico do solo ao redor das sementes reveste-se de importância capital para o bom desenvolvimento inicial da cultura, assegurando uma população adequada de plantas.

Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade está na dificuldade de estabelecer a população ideal de plantas, devido aos vários fatores que impedem a germinação normal de parte das sementes. Dentre os fatores que condicionam o meio ambiente do solo, a umidade, a temperatura e a aeração são primordiais para a germinação (Nabi *et al.*, 2000). Porém, para que a semente já germinada dê continuidade ao crescimento da plântula deve-se incluir a esses fatores a resistência mecânica do solo à penetração da raiz. É importante citar que tais fatores são diretamente influenciados pelo estado de compactação do solo ao redor da semente.

Vários autores têm procurado estudar a relação máquina-solo-planta em ensaios de semeadura utilizando rodas compactadoras. Furlani *et al.* (2001), combinando três profundidades de semeadura da cultura do milho com quatro níveis de compactação do solo sobre as sementes, não encontraram influência desses fatores sobre o número médio de dias para emergência das plântulas.

Em trabalho conduzido com diferentes tipos de rodas compactadoras na semeadura da soja, Hummel *et al.* (1981) afirmaram que o desempenho da roda compactadora teve considerável influência sobre o meio ambiente do solo em torno da semente. Relataram ainda que a compactação aplicada sobre o solo através de rodas compactadoras pode ou não ser benéfica às sementes, o que dependerá do nível de compactação, teor de água do solo e das condições climáticas no período compreendido entre a semeadura e a emergência.

Cortez *et al.* (2005) citam que o uso de cargas verticais extremas (200 N) sobre as rodas compactadoras diminuíram a velocidade e a porcentagem de emergência para a cultura do algodoeiro e que cargas verticais em torno de 100 a 150 N trouxeram benefício ao crescimento inicial das plântulas, pois à medida que se aumentou a carga vertical aumentou-se o contato do solo com a semente.

Silva *et al.* (1991) verificaram a influência de quatro diferentes modelos de rodas compactadoras sobre o condicionamento físico do solo, utilizando-se três níveis de compactação sobre a semente, e afirmaram que as mesmas alteraram o comportamento hídrico do solo na região de semeadura, além de elevar a densidade e a resistência à penetração no plano vertical da linha de semeadura.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da combinação entre teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora da semeadora-adubadora sobre os perfis de densidade do solo na linha de semeadura, em sistema de plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda - COODETEC, localizada em Cascavel-PR, em um Latossolo Vermelho Distroférico típico, com relevo plano e textura argilosa.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjado em esquema de parcelas subdividas com quatro repetições. Consideraram-se como parcelas os três teores de água (U1, U2 e U3), correspondentes a 0,27; 0,31; e 0,36 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, e como subparcelas os quatro níveis de carga aplicada pela roda compactadora (C1, C2, C3 e C4), correspondentes a 0, 50, 90 e 140 N, respectivamente.

A área foi subdividida em quatro blocos, totalizando 48 unidades experimentais, cada uma com área de 105 m<sup>2</sup> (3,5 x 30 m), com espaçamento de 1,0 metro entre parcelas e de 15 metros entre blocos, utilizados para manobra do conjunto mecanizado.

Para a semeadura da soja, utilizou-se um trator marca Ford, modelo 7630 4 x 2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 75,8 kW, e uma semeadora-adubadora de precisão de arrasto marca Vence Tudo, modelo PSMT 6414, com mecanismos sulcadores do tipo haste sulcadora para fertilizantes e discos duplos defasados para sementes e com mecanismos de cobertura e compactação do tipo roda compactadora de borracha, tipo convexa, com 330 mm (13") de diâmetro e 170 mm de largura.

Para determinar o nível de carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente utilizou-se uma célula de carga marca Kratos, modelo 2BL1601, com capacidade de 19,6 kN, acoplada sobre a roda compactadora. O pino que fixa a roda compactadora foi retirado de modo que essa ficasse livre e toda a carga fosse aplicada diretamente na célula de carga. As cargas aplicadas pela roda compactadora sobre a semente foram visualizadas em um visor marca Kratos, modelo IK-14A, da Kratos Equipamentos Industriais Ltda. A Figura 1 mostra os equipamentos utilizados no ensaio.



**Figura 1.** Vista geral dos equipamentos utilizados na determinação das cargas aplicadas no solo pela roda compactadora: (1) célula de carga e (2) visor.

A caracterização física do solo antes da semeadura foi feita, determinando-se a granulometria, a densidade do solo, a densidade de partículas, a porosidade total, conforme EMBRAPA (1997), cujos valores médios são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Os perfis de densidade do solo na linha de semeadura foram obtidos mediante o uso do método da tomografia computadorizada. Após a realização da semeadura, foram retiradas quatro amostras indeformadas de solo em cada unidade experimental. Elas foram coletadas sobre a linha central de semeadura, onde foram cravados no solo quatro cilindros plásticos de 0,16 m de altura por 0,04 m de diâmetro.

**Tabela 1.** Análise granulométrica do solo da área experimental

Partículas	Porcentual (%)
Areia	5
Silte	20
Argila	75

**Tabela 2.** Valores médios da densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP) e porosidade total (PT) para todos os tratamentos na camada de 0 a 15 cm de profundidade

Tratamentos	DS (kg dm <sup>-3</sup> )	DP (kg dm <sup>-3</sup> )	PT (%)
U1C1	1,19	2,87	0,59
U1C2	1,21	2,83	0,57
U1C3	1,21	2,88	0,59
U1C4	1,22	2,78	0,56
U2C1	1,23	2,83	0,56
U2C2	1,20	2,87	0,58
U2C3	1,22	2,88	0,58
U2C4	1,21	2,85	0,58
U3C1	1,21	2,79	0,57
U3C2	1,23	2,88	0,57
U3C3	1,20	2,84	0,58
U3C4	1,19	2,83	0,58
CV (%)	2,06	2,02	2,34
DMS	0,06	0,14	0,03

As análises tomográficas foram realizadas com o uso de um tomógrafo de terceira geração (Naime, 2001), constituído de um sistema fonte-detector posicionado em uma guia circular, que realiza movimentos de rotação ao redor da amostra. Utilizou-se uma fonte de raios gama (<sup>241</sup>Am, E = 59,54 keV, 1,11 x 10<sup>9</sup> Bq) e um arranjo de 256 detectores, compostos de material semiconductor (Figura 2). Os movimentos de elevação e rotação foram executados por dois motores de passo, controlados por um sistema eletrônico e um computador dedicado à eletrônica embarcada padrão PC/104. Trabalhou-se com 33 planos horizontais, em que o feixe em leque atravessou a amostra de 0,05 em 0,05 m até a profundidade de 0,16 m.



**Figura 2.** Vista geral do tomógrafo utilizado para determinação dos perfis de densidade do solo na linha de semeadura

A seguir, a expressão geral que descreve a interação de um feixe de fótons e a amostra de solo com a semente:

$$I = I_0 e^{-\int \mu dx} \quad (1)$$

em que:

I = intensidade da radiação do feixe emergente, contagem por segundo;

I<sub>0</sub> = intensidade da radiação do feixe incidente, contagem por segundo;

μ = coeficiente de atenuação linear do solo, cm<sup>-1</sup>; e

x = espessura da amostra, cm.

O μ foi calculado, relacionando-se o coeficiente de atenuação em massa (μ<sub>m</sub>) com a densidade do material (ρ), isto é:

$$\mu = \mu_m \rho \quad (2)$$

A densidade foi determinada por meio da seguinte equação:

$$\rho = \frac{1}{x\mu_m} \ln \frac{I_0}{I} \quad (3)$$

em que:

$I_0$  = radiação que atravessa o recipiente vazio, cps;

$I$  = radiação que atravessa a unidade experimental, no sentido horizontal, cps;

$x$  = espessura interna do recipiente, cm; e

$\mu_m$  = coeficiente de atenuação em massa do solo,  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ .

O coeficiente médio de atenuação em massa, obtido experimentalmente para o solo em estudo, foi de  $0,4140 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$ . A partir desse valor foram obtidos os valores de densidade do solo na região da semente.

Os resultados encontrados para as variáveis avaliadas antes da semeadura foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os perfis de densidade do solo na linha de semeadura foram discutidos na forma de gráficos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta as imagens tomográficas ilustrativas utilizadas para a determinação do perfil de densidade do solo na linha de semeadura para os diferentes teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda

compactadora. As imagens tomográficas representam a densidade do solo em uma escala de 16 tons de cinza, em que as sementes são caracterizadas pelas áreas com formato arredondado, de coloração mais escura (menores valores de densidade), enquanto as áreas de coloração mais clara indicam maiores valores de densidade.

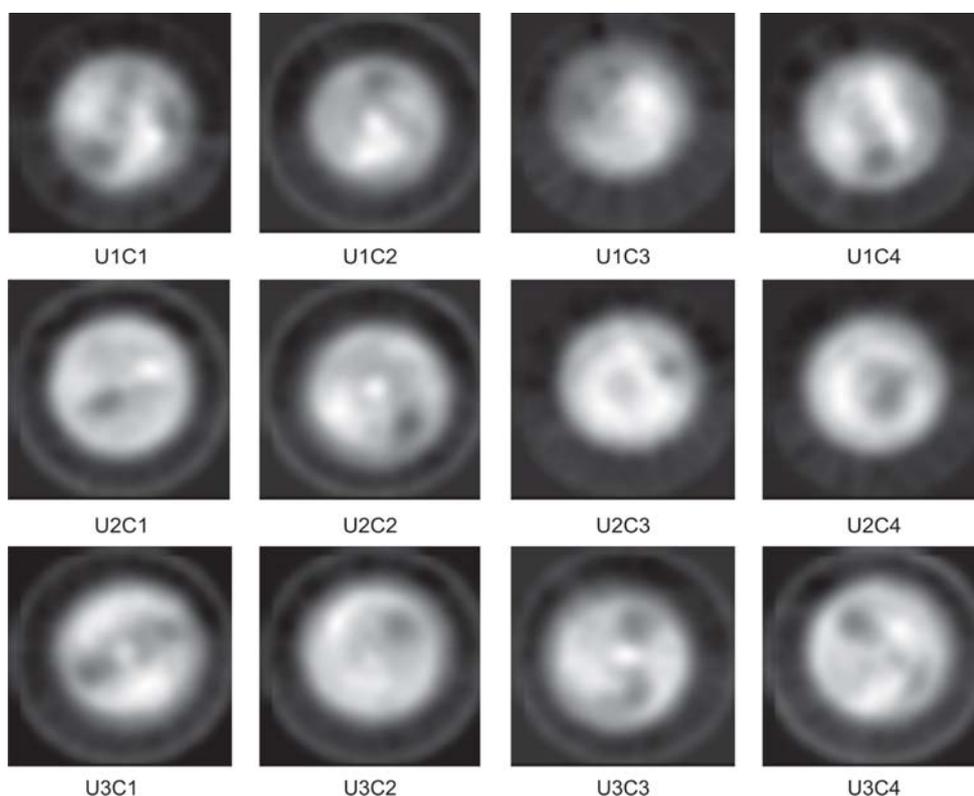
### *Perfil da densidade mínima do solo*

Nas Figuras 4a, 4b e 4c são apresentados os perfis da densidade mínima do solo obtidos por tomografia computadorizada nos teores de água 0,27, 0,31 e 0,36  $\text{kg kg}^{-1}$ , respectivamente.

Observa-se que a densidade mínima do solo atinge valores máximos nas maiores profundidades, independentemente dos tratamentos utilizados, e que independentemente dos teores de água do solo e das cargas aplicadas pela roda compactadora, a densidade mínima do solo apresentou valor inferior a  $1,00 \text{ kg dm}^{-3}$ .

### *Perfil da densidade média do solo*

Nas Figuras 5a, 5b e 5c são apresentados os perfis da densidade média do solo obtidos por tomografia computadorizada nos teores de água 0,27, 0,31 e 0,36  $\text{kg kg}^{-1}$ , respectivamente. Nota-se que na superfície do solo os tratamentos U1C4, U2C4 e U3C4, compostos pela maior carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente (140 N), tenderam a apresentar os maiores valores de densidade média do solo.

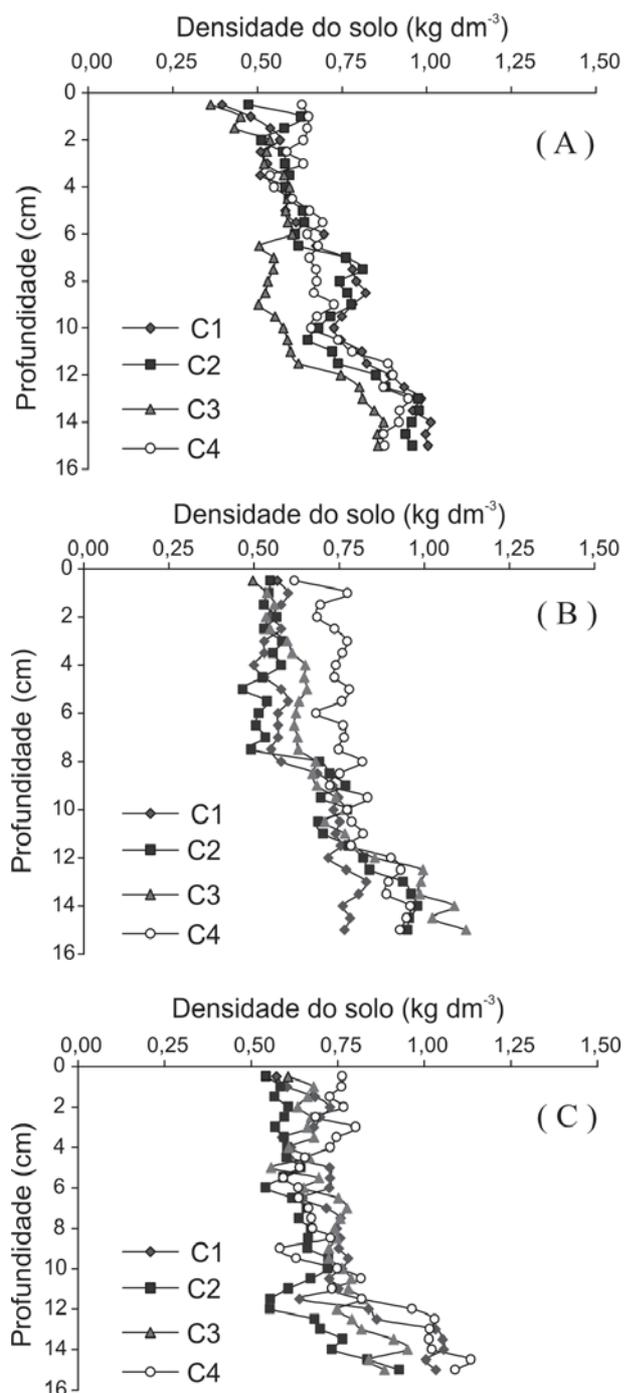


**Figura 3.** Imagens tomográficas da densidade do solo na região da semente para os diferentes teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora.

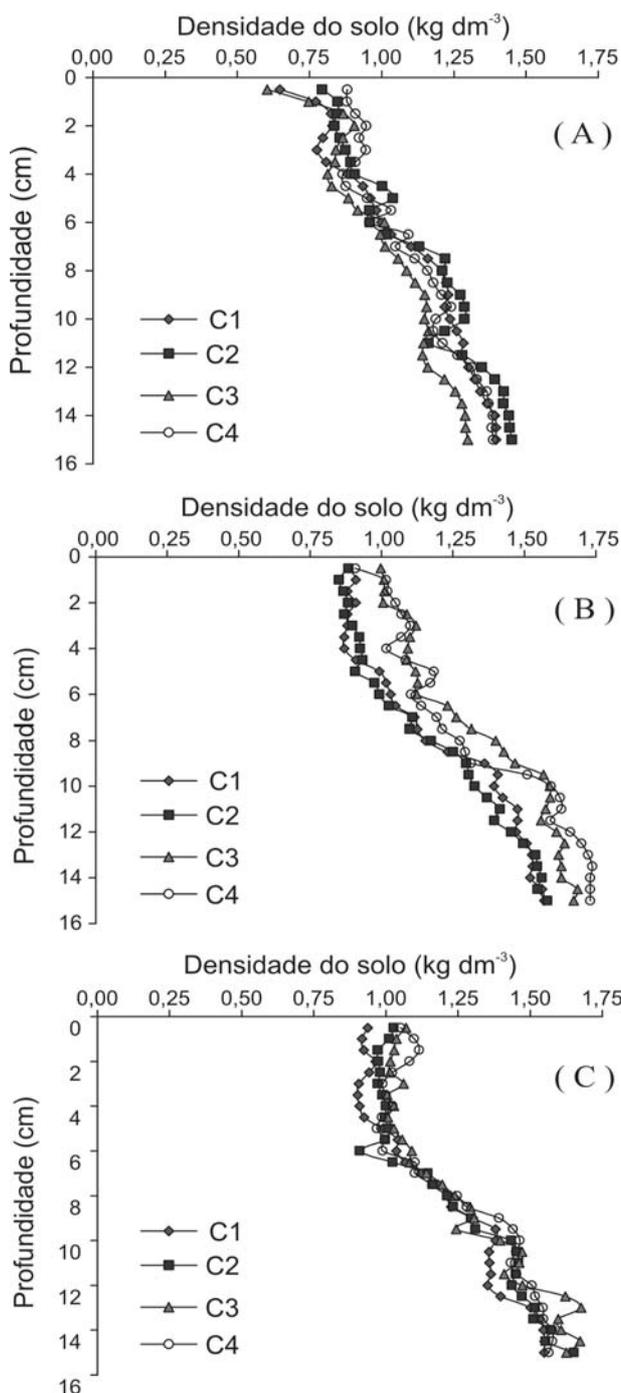
Observa-se ainda que na profundidade de semeadura (6,0 cm) os tratamentos compostos pelo teor de água 0,27 kg kg<sup>-1</sup> apresentaram valores semelhantes de densidade média, independentemente das cargas aplicadas pela roda compactadora (Figura 5a). Quanto aos tratamentos compostos pelo teor de água 0,31 kg kg<sup>-1</sup>, nota-se que os tratamentos U2C3 e U2C4, compostos pelas maiores cargas aplicadas pela roda compactadora (90 e 140 N), respectivamente, tenderam a apresentar os maiores valores

de densidade média (Figura 5b). Já no teor de água 0,36 kg kg<sup>-1</sup>, as maiores densidades foram observadas nos tratamentos compostos pelas cargas 0 e 90 N, respectivamente. Os maiores valores de densidade média observados foram 1,45, 1,74 e 1,68 kg dm<sup>-3</sup> para os teores de água 0,27, 0,31 e 0,36 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Não existe consenso entre os pesquisadores sobre o nível crítico da densidade do solo (valor acima do qual o solo é considerado compactado). Camargo & Alleoni



**Figura 4.** Perfis da densidade mínima do solo obtida por tomografia computadorizada para os teores de água do solo: a) U = 0,27 kg kg<sup>-1</sup>; b) U = 0,31 kg kg<sup>-1</sup>; e c) U = 0,36 kg kg<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Perfis da densidade média do solo obtida por tomografia computadorizada para os teores de água do solo: a) U = 0,27 kg kg<sup>-1</sup>; b) U = 0,31 kg kg<sup>-1</sup>; e c) U = 0,36 kg kg<sup>-1</sup>.

(1997) consideram crítico o valor de  $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$  em solos franco-argilosos a argilosos. Maria *et al.* (1999) constataram que com densidade de solo acima de  $1,2 \text{ kg dm}^{-3}$ , em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando ele estiver na capacidade de campo, o que caracteriza seu estado de compactação. Queiroz-Woltans *et al.* (2000), avaliando o efeito da compactação do solo na anatomia da raiz e no desenvolvimento de dois cultivares de soja, constataram que valores de densidade do solo abaixo de  $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$  não afetaram o desenvolvimento dos cultivares.

Nenhum dos valores encontrados nos tratamentos compostos pelo teor de água  $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$  (Figura 5a) superou os valores considerados críticos pela literatura ( $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$ ) (Camargo & Alleoni, 1997). Dentre os tratamentos compostos pelo teor de água  $0,31 \text{ kg kg}^{-1}$  (Figura 5b), apenas U2C1 e U2C2 são inferiores a esse valor, podendo-se inferir que não ocorre compactação superficial ou em profundidade no solo para esses tratamentos. Por outro lado, todos os tratamentos compostos pelo teor de água  $0,36 \text{ kg kg}^{-1}$  (Figura 5c) apresentaram valores superiores a  $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$  para profundidades maiores que 13 cm. Valores estes que podem influenciar o desenvolvimento radicular da cultura, fazendo com que as raízes se concentrem na superfície do solo, acarretando um estande deficiente de plantas em períodos de déficit hídrico.

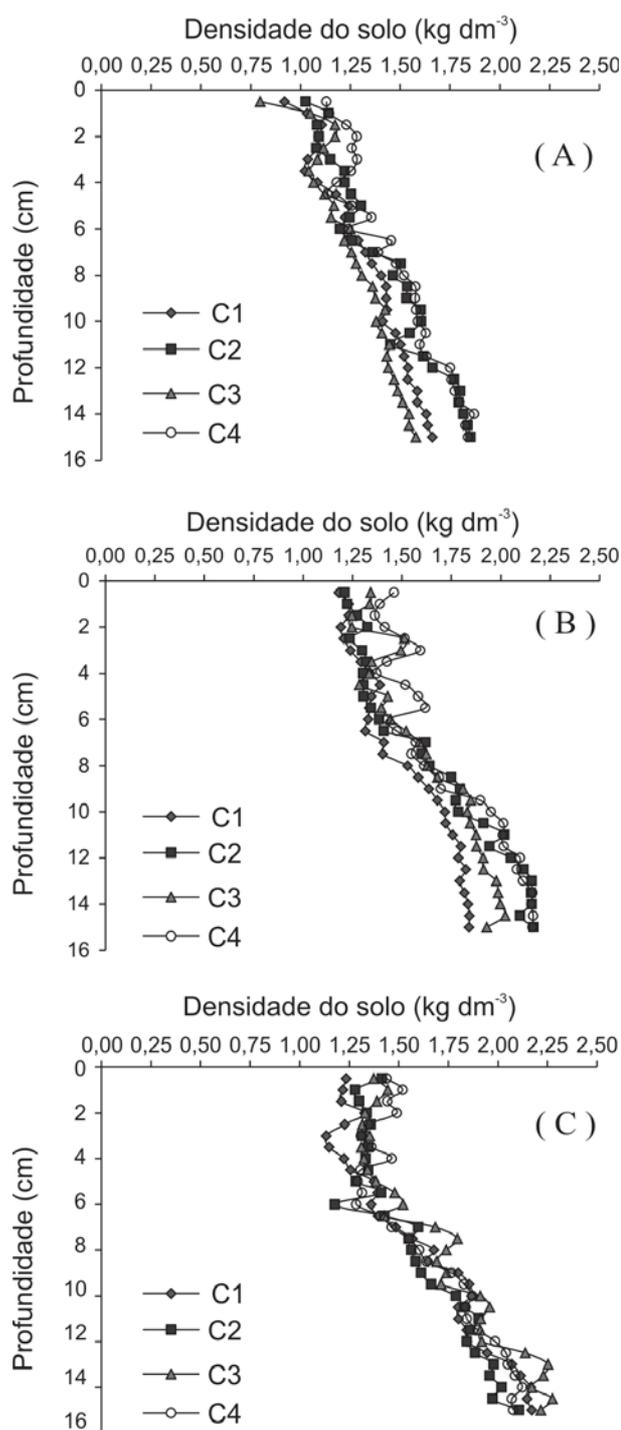
A maior densidade do solo observada abaixo de 10,0 cm de profundidade em todos os tratamentos estudados, em relação à densidade do solo antes da realização do ensaio (Tabela 2), deve ser decorrente da transmissão da carga aplicada na superfície do solo pela roda compactadora.

#### *Perfil da densidade máxima do solo*

Nas Figuras 6a, 6b e 6c são apresentados os perfis da densidade máxima do solo obtida por tomografia computadorizada nos teores de água 0,27, 0,31 e 0,36  $\text{kg kg}^{-1}$ , respectivamente. Entre 0 e 6,0 cm de profundidade, todos os tratamentos tenderam a apresentar valores semelhantes de densidade. Observou-se também que a partir de 6,0 cm de profundidade ocorreu maior incremento na densidade máxima do solo com o aumento da profundidade, sendo mais expressivo nos tratamentos compostos pelo teor de água  $0,36 \text{ kg kg}^{-1}$  (Figura 6c), atingindo valor máximo de  $2,28 \text{ kg dm}^{-3}$  (U3C3) na profundidade de 14,5 cm. Observa-se ainda maior susceptibilidade à compactação quando a semeadura foi realizada em solo com teor de água superior a  $0,31 \text{ kg kg}^{-1}$  do que quando a semeadura foi realizada em solo com teor de água de  $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Silva *et al.* (2006), ao avaliarem os efeitos da roda compactadora sobre o solo submetido a seis níveis de

carga vertical, sob dois teores de água, em situações estática e dinâmica, verificaram que a deformação e a compactação são diretamente proporcionais ao aumento das cargas verticais sob a roda compactadora. Os autores afirmam ainda que durante a operação de semeadura não basta apenas conhecer a carga vertical que será aplicada na roda compactadora, mas também o teor de água do solo.



**Figura 6.** Perfis da densidade máxima do solo obtida por tomografia computadorizada para os teores de água do solo: a)  $U = 0,27 \text{ kg kg}^{-1}$ ; b)  $U = 0,31 \text{ kg kg}^{-1}$ ; e c)  $U = 0,36 \text{ kg kg}^{-1}$ .

## CONCLUSÕES

Independentemente da carga aplicada pela roda compactadora, a densidade média do solo no teor de água 0,36 kg kg<sup>-1</sup> apresentou valores que podem influenciar negativamente o desenvolvimento radicular da cultura.

Quanto maior o teor de água do solo mais suscetível ele fica à compactação.

A utilização da tomografia computadorizada em amostras indeformadas de solo possibilitou quantificar os perfis das densidades mínima, média e máxima do solo, permitindo a caracterização da densidade desde a superfície até a profundidade analisada.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho; à COODETEC, pela área e estrutura física cedidas para a realização do experimento, e à EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, pelo auxílio na realização das análises tomográficas.

## REFERÊNCIAS

- Brown AD, Dexter AR, Chamen WCT & Spoor G (1996) Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact. *Soil & Tillage Research*, 38:203-216.
- Camargo AO & Alleoni LRF (1997) Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 132p.
- Cortez JW, Carvalho Filho A, Silva RP & Furlani CEA (2005) Efeito de cargas verticais exercidas sobre rodas compactadoras na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). *FAZU em Revista*, 2:45-50.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Ciência do Solo (1997) Manual de métodos de análise de solos, 2 nd ed. Rio de Janeiro. 212p.
- Furlani CEA, Lopes A, Rezende LC, Souza e Silva SS & Leite MAS (2001) Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. *Engenharia na Agricultura*, 9:147-153.
- Hummel JW, Gray LE & Nave WR (1981) Soybean emergence from field seedbed environments. *Transactions of the ASAE*, 24:872-878.
- Maria IC de, Castro OM & Dias HS (1999) Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:703-709.
- Nabi G, Mullins CE, Montemayor MB & Akhtar MS (2000) Germination and emergence of irrigate cotton in Pakistan in relation to sowing depth and physical properties of the seedbed. *Soil & Tillage Research*, 59:33-44.
- Naime JM (2001) Um novo método para estudos dinâmicos, in situ, da infiltração da água na região não-saturada do solo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos. 146 p.
- Queiroz-Voltans RB; Nogueira SSS & Miranda MAC (2000) Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:929-938.
- Silva FM, Ortolani FM & Daniel LA (1991) Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras - influência no condicionamento físico do solo na região de semeadura. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Londrina. Anais, SBEA, p.1126-1246.
- Silva RP (2002) Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de semeadura nas características agronômicas do milho (*Zea mays* L.). Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal. 119 p.
- Silva RP, Furlani CEA, Lopes A, Nascimento A & Camara FT da (2006) Efeitos da roda compactadora de semeadoras sob cargas verticais na deformação do solo com dois teores de água. *Engenharia Agrícola*, 26:511-519.