

# Efeito do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora na velocidade de emergência da soja

Alcir José Modolo<sup>1\*</sup>, Haroldo Carlos Fernandes<sup>2</sup>, Carlos Ernesto Gonçalves Schaefer<sup>3</sup>, Nerilson Terra Santos<sup>4</sup> e João Cleber Modernel da Silveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via do Conhecimento, km 01, Cx. Postal 571, 85501-970, Pato Branco, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. <sup>4</sup>Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. <sup>5</sup>Programa de Pós-graduação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: alcir@utfpr.edu.br

**RESUMO.** Este 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 o índice de velocidade de emergência de plântulas de soja, em sistema de plantio direto. Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas constituíram os três teores de água do solo (U1, U2 e U3), correspondentes a 0,27; 0,31 e 0,36 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, e as subparcelas os quatro níveis de carga aplicada pela roda compactadora (C1, C2, C3 e C4), correspondentes a 0, 50, 90 e 140 N, respectivamente, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados o diâmetro médio ponderado dos agregados na linha de semeadura, a porcentagem de finos < 2,0 mm e o índice de velocidade de emergência de plântulas. A combinação entre cargas aplicadas pela roda compactadora e teores de água no solo não influenciaram a porcentagem de finos < 2,0 mm. A velocidade de emergência das plântulas de soja foi afetada pelas cargas aplicadas e pelos teores de água do solo. A carga máxima de 140 N aplicada pela roda compactadora sobre a semente causou encrostamento superficial do solo.

**Palavras-chave:** mecanização agrícola, semeadura, emergência.

**ABSTRACT.** Effects of soil water contents and press wheel applied charge on the emergence velocity index of soybean plants. The aim of this work is to study the effects of soil water contents combined with press wheel loads of a seed drill on the emergence velocity index of soybean plants, in direct drilling systems. The experiment was a subdivided design where each unit corresponded to a different soil water content (U1, U2 e U3): 0.27; 0.31 and 0.36 kg kg<sup>-1</sup>, and the sub-portions stood four charge levels applied by the press wheel (C1, C2, C3 e C4): 0, 50, 90 and 140 N, respectively, in a randomized block design with four repetitions. Parameters evaluated were: pondered medium diameter of the aggregates in the planted line, percentage of thin ones < 2.0 mm, plants velocity emergence index. The combination between the charges applied by the press wheel and the soil water contents did not influenced the thin percentage < 2.0 mm. The soybean plants emergence velocity was affected by the applied charges and the water contents. The maximum charge of 140 N applied by the press wheel on the seed caused a superficial incrusting of the soil.

**Key words:** agricultural mechanization, sowing, emergence.

## Introdução

O sucesso do estabelecimento de uma cultura depende do ambiente do solo que, inicialmente, deve ser adequado à germinação da semente e à emergência da plântula e, finalmente, ao desenvolvimento 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 desenvolvimento, quando a correção além de difícil

e onerosa, compromete a produtividade.

O adequado contato solo-semente é um pré-requisito para a rápida emergência e um bom estabelecimento da cultura (Perdok e Kouwenhoven, 1994; Brown *et al.*, 1996), pois favorece a transferência de água do solo para a semente.

A semeadura deve ser realizada no estágio de friabilidade do solo, pelo fato de os teores de água permitirem bom rendimento da operação e boa qualidade do trabalho realizado (Gassen e Gassen, 1996). A semeadura realizada quando o solo se

encontra acima do limite de plasticidade causa compactação e, conseqüente, redução da sua capacidade de infiltração. A semeadura realizada em solo seco resulta em menor eficiência dos dispositivos sulcadores, que, por sua vez, ocasiona menor contato solo-semente (Kondo e Dias Júnior, 1999).

Brown *et al.* (1996), Silva (1990) 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.

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 à germinação das sementes e emergência das plântulas, dependendo do nível de compactação, do desenho da roda, do teor de água do solo e das condições climáticas entre o período de semeadura e emergência.

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 condizentes com o processo de semeadura, e afirmaram que as mesmas alteram 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. A velocidade de emergência e emergência total das plantas de feijoeiro foram afetadas pelas pressões de compactação. À medida que a compactação aumentou, as plântulas tiveram sua emergência retardada e diminuída para todas as rodas testadas.

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 o índice de velocidade de emergência de plântulas de soja.

## Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda - Coodetec, localizado lateralmente à BR 467, Km 98, sentido Cascavel - Toledo, no Estado do Paraná, em um solo classificado pela Embrapa (1999), como sendo Latossolo Vermelho distroférico típico, com relevo plano e textura argilosa. Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas constituíram 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 as subparcelas os quatro níveis de carga aplicada pela roda compactadora (C1, C2, C3 e C4), correspondentes a 0, 50, 90 e 140 N, respectivamente, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições.

A área foi subdividida em quatro blocos casualizados, totalizando quarenta e oito 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 motomecanizado.

Utilizou-se a cultivar de soja super precoce CD 216 produzido pela Coodetec, com 87% de germinação mínima e 98% de pureza. Utilizou-se adubo de formulação 0-20-20 (N-P-K), sendo aplicado 300 kg ha<sup>-1</sup> por ocasião da semeadura.

Para o plantio da soja, utilizou-se um trator marca Ford, modelo 7630 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 75,8 kW (103 cv) e uma semeadora-adubadora de precisão marca Vence Tudo, modelo SMT 6414 de arrasto, 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. Antes da realização do ensaio, a semeadora foi regulada visando a distribuição de 25 sementes por metro linear (equivalente a 556.000 sementes ha<sup>-1</sup>) e profundidade de plantio de 5 cm.

Para determinar o nível de carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente, utilizou-se uma célula de carga da 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 esta 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 da marca Kratos, modelo IK-14A, da Kratos Equipamentos Industriais Ltda. A Figura 1 ilustra os equipamentos utilizados no ensaio.

Os quatro níveis de cargas aplicadas pela roda compactadora sobre a semente foram C1 = 0 N, C2 = 50 N, C3 = 90 N e C4 = 140 N, obtidos de acordo com as opções de regulagem da semeadora-adubadora.



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

Para a determinação do diâmetro médio ponderado dos agregados, foram coletadas amostras deformadas de solo no sulco de semeadura, onde a semente foi depositada (Reis, 2000), sendo coletada uma amostra por unidade experimental. Posteriormente, as amostras foram secadas ao ar e peneiradas em peneiras com malhas de 19,0; 9,52; 7,93; 4,76; 4,0; 2,38 e 2,0 mm, dispostas verticalmente em um agitador mecânico. O teor de água residual foi obtido pelo método gravimétrico a partir de amostras de solo retidas em cada malha, para todas as repetições. Esses valores foram utilizados na correção dos resultados obtidos no peneiramento, com o solo secado ao ar. As frações obtidas em cada malha foram pesadas em uma balança digital, marca IMPAC, modelo GM-225G, precisão  $\pm 0,05\%$ .

Os valores de DMP foram obtidos através da equação 1.

$$DMP = \frac{\sum iM_i.X_i}{\sum iM_i} \quad (1)$$

em que:

DMP = diâmetro médio ponderado, mm;

$M_i$  = massa de solo retida na peneira  $i$ , g;

$X_i$  = malha da peneira  $i$ , mm.

O solo que passou pela última peneira foi considerado como finos (< 2,0 mm). Com esse valor determinou-se a percentagem de finos < 2,0 mm, em relação à massa total de solo.

O índice de velocidade de emergência de plântulas foi avaliado em um comprimento de 10 metros na linha central de semeadura. O número de sementes inicial foi determinado de acordo com a uniformidade

de distribuição da semeadora-adubadora. A contagem das plântulas foi realizada diariamente até que o número de plântulas emergidas se apresentou constante. Cada planta foi considerada emergida a partir do instante em que a mesma rompeu o solo e pôde ser vista a olho nu de algum ângulo qualquer. A partir dessas contagens, expressou-se o índice de velocidade de emergência de plântulas, utilizando-se a equação (2), adaptada de (Maguire, 1962).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

$E_1, E_2$  e  $E_n$  = número de plantas emergidas, na primeira, segunda, ..., última contagem;

$N_1, N_2$  e  $N_n$  = número de dias após a semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

Os resultados foram submetidos à análise em superfície de resposta por meio do procedimento GLM do "Statistical Analysis System" (SAS, 1989). Os modelos foram escolhidos com base no teste para a falta de ajustamento do modelo de superfície, na significância do teste  $t$  dos coeficientes de regressão a 5% de probabilidade. Quando a interação entre os fatores, teores de água e cargas aplicadas, não foi significativa, os resultados foram discutidos utilizando estatísticas descritivas.

## Resultados e discussão

### Índice de velocidade de emergência das plântulas

O modelo de superfície de resposta estimado usando as médias dos tratamentos para a variável IVE é apresentado na equação 3:

$$\begin{aligned} \hat{IVE} = & -180,28 + 1285,34U - 1998,61U^2 + \\ & + 0,129275C - 0,39135UC \\ R^2 = & 0,79 \end{aligned} \quad (3)$$

A equação acima prevê os níveis ótimos de carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente (C) e teores de água do solo (U), representada pelas seguintes condições: C = 86,21 N e U = 0,33 kg kg<sup>-1</sup>, que proporcionam um índice de velocidade de emergência (IVE) máximo de 26,24.

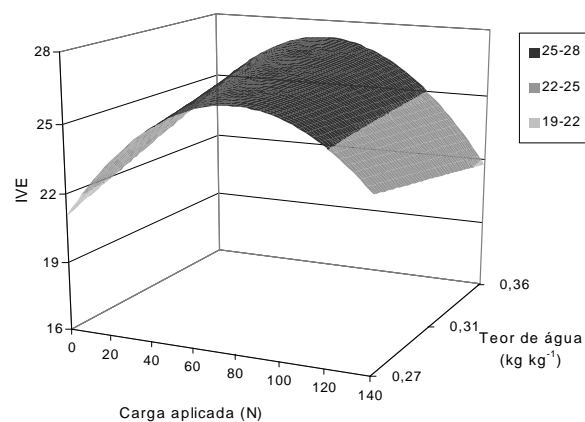
A superfície de resposta tridimensional ajustada para os dados de índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com o modelo polinomial de regressão estimado, encontra-se apresentada na Figura 2, na qual nota-se que, nos teores de água do solo avaliados, os menores índices de velocidade de

emergência foram encontrados nas áreas correspondentes as cargas entre 0 e 50 N e entre 90 e 140 N. Acredita-se que isso pode ter ocorrido nos tratamentos compostos pelas cargas 0 e 50 N, devido à formação de bolsões de ar sobre a semente, ocasionando um contato inadequado entre o solo e a semente, dificultando a absorção de água pela semente, retardando, assim, o processo de germinação e emergência das plântulas.

Outro fator que pode ter influenciado está relacionado ao maior valor do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) encontrado nas cargas entre 0 e 50 N (Figura 5), diminuindo o contato entre o solo e a semente, limitando a quantidade de água que chega até a superfície da semente, reduzindo, assim, a emergência. Entretanto, os menores índices de emergência observados, principalmente nos tratamentos compostos pela carga de 140 N, podem ter ocorrido pelo encrostamento superficial ocorrido nesses tratamentos, dificultando a penetração de oxigênio, fazendo com que a planta tenha que consumir mais energia para emergir.

Prado *et al.* (2001) ao avaliarem os efeitos da compressão do solo e profundidade de semeadura no índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho, observaram que a baixa compressão do solo ao redor da semente reduziu o IVE. Os autores atribuíram este fato à reduzida taxa de transmissão de água e nutrientes pela interface solo-semente-raiz.

Popinigis (1977) cita vários autores para explicar que há um conteúdo mínimo de umidade que a semente deve atingir para que tenha início a germinação. A soja germina ao atingir 50% de umidade e, em função das relações água-semente no solo, a velocidade de emergência decresce progressivamente com o decréscimo da umidade do solo.

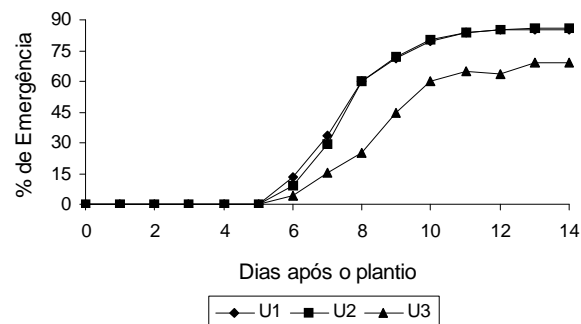


**Figura 2.** Efeito das cargas aplicadas pela roda compactadora (C) e dos teores de água do solo (U) sobre o índice de velocidade de emergência (IVE).

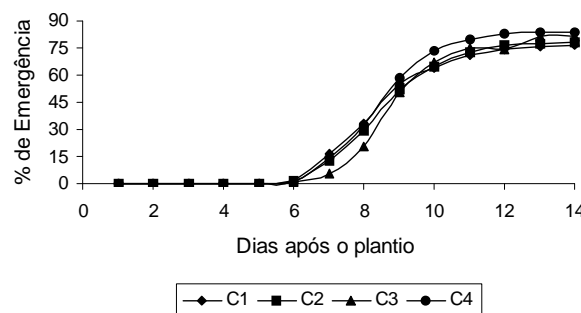
A marcha de emergência das plântulas de soja em função do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente são apresentadas nas Figuras 3 e 4 respectivamente, nas quais observa-se, que houve um incremento no número de plantas emergidas, no período compreendido entre o sexto e o décimo dia após o plantio.

Observa-se, também, que a porcentagem de emergência da soja variou entre 69,2 e 85,7% para os teores de água 0,36 kg kg<sup>-1</sup> (U3), 0,31 kg kg<sup>-1</sup> (U2) e 0,27 kg kg<sup>-1</sup> (U1), respectivamente (Figura 3). Avaliando o efeito do fator carga aplicada na emergência (Figura 4), verifica-se que esta ocorreu de forma semelhante para todas as cargas avaliadas e que a porcentagem de plântulas emergidas variou de 66,6 a 83,7% para as cargas C1 e C4, respectivamente.

Silva *et al.* (2004), ao avaliarem o efeito de três níveis de carga aplicada pela roda compactadora e três profundidades de semeadura na emergência e produção de soja, encontraram resultados semelhantes aos aqui apresentados.



**Figura 3.** Marcha de emergência das plântulas de soja, em função do teor de água de solo.



**Figura 4.** Marcha de emergência das plântulas de soja, em função da carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente.

#### Diâmetro médio ponderado dos agregados na linha semeadura

O modelo de superfície de resposta estimado usando as médias dos tratamentos para a variável

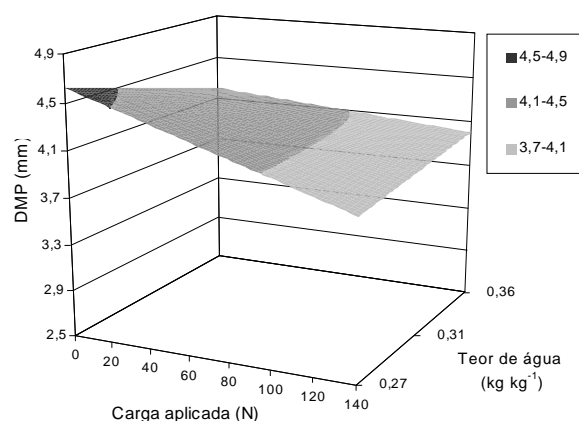
diâmetro médio ponderado é apresentado na equação 4:

$$\hat{DMP} = 6,94 - 8,57U - 0,02C + 0,05UC \quad (4)$$

$$R^2 = 0,84$$

A superfície de resposta ajustada para os dados de diâmetro médio ponderado (DMP) de acordo com o modelo linear de regressão estimado encontra-se apresentada na Figura 5.

Observa-se tendência para os maiores valores de DMP nas menores cargas aplicadas e no menor teor de água do solo ( $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$ ). Isso pode ter ocorrido devido o solo da área experimental ser muito argiloso, fazendo com que as forças de coesão se tornassem mais efetivas no solo mais seco, permitindo a ocorrência de atração entre as partículas, formando, assim, agregados maiores. Reis (2003), ao avaliar o ambiente solo-semente em três teores de água com diferentes mecanismos rompedores e compactadores, encontrou resultados semelhantes.



**Figura 5.** Efeito das cargas aplicadas pela roda compactadora (C) e dos teores de água do solo (U) sobre o diâmetro médio ponderado (DMP).

Há consenso entre os pesquisadores de que a variação no tamanho dos agregados tem relação direta com o tempo e percentagem de emergência das plântulas e produção das culturas. Uma maior amplitude na variação do diâmetro dos torrões promove uma redução do tempo e maior percentagem de emergência das plântulas e maior produção, em relação a um leito de semeadura formado de torrões de mesmo diâmetro (Braunack e Dexter, 1989). Os autores, após testarem durante dois anos a influência do tamanho dos agregados na emergência de plântulas de trigo, concluíram que esta foi significativamente afetada pelo tamanho dos agregados nos dois períodos amostrados. Em ambas

as datas, a alta percentagem de emergência ocorreu nos agregados com diâmetro entre 2 e 4 mm. Os autores completam que pequenos agregados no leito de semeadura são mais benéficos sob baixas condições de chuva, por proporcionarem melhor contato solo-semente.

#### Porcentagem de finos < 2,0 mm

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios referentes a percentagem de finos < 2,0 mm. Embora os efeitos de carga e de teor de água não tenham sido significativos, os dados apresentaram uma tendência de redução na percentagem de finos < 2,0 mm com o aumento do teor de água do solo, evidenciando relação inversa entre eles. Acredita-se que isso pode ter acontecido devido o solo mais úmido apresentar maior facilidade ao corte pelo sulcador. Observa-se, também, maior soldagem de agregados nas maiores cargas aplicadas e nos maiores teores de água do solo.

**Tabela 1.** Valores médios da percentagem de finos < 2,0 mm (%).

Teor de água ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	Cargas aplicadas (N)				Média
	0	50	90	140	
0,27	45,34	48,68	47,75	49,62	47,84
0,31	49,08	45,40	49,74	45,60	47,45
0,36	46,70	46,70	46,70	44,98	46,27
Média	47,04	46,93	48,06	46,73	47,19

#### Conclusão

A combinação entre cargas aplicadas pela roda compactadora e teores de água no solo não influenciaram a percentagem de finos < 2,0 mm no sulco de semeadura.

O modelo de superfície de resposta estimado mostra que o IVE será máximo quando o teor de água no solo for igual a  $0,33 \text{ kg kg}^{-1}$  e a carga aplicada pela roda compactadora for de 86,21 N.

A carga máxima de 140 N aplicada pela roda compactadora sobre a semente causou encrostamento superficial do solo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro para realização deste trabalho, a Coodetec pela área e estrutura física cedida para a realização do experimento.

#### Referências

BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review II – effect of aggregate sizes on plant growth. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 291-298, 1989.

- BROWN, A.D. *et al.* Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 203-216, 1996.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- FURLANI, C.E.A. *et al.* Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. *Eng. Agric.*, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 147-153, 2001.
- GASSEN, D.; GASSEN, F. *Plantio direto: o caminho do futuro*. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996.
- HUMMEL, J.W. *et al.* Soybean emergence from field seedbed environments. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 24, n. 4, p. 872-878, 1981.
- KONDO, M.K.; DIAS JÚNIOR, M.S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três latossolos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 497-506, 1999.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selectyon and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.*, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- PERDOK, U.D.; KOUWENHOVEN, J.K. Soil-tool interactions and field performance of implements. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 283-326, 1994.
- POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. Brasília: Agiplan, 1977.
- PRADO, R.M. *et al.* Semente de milho sob compressão do solo e profundidade de semeadura: influência no índice de velocidade de emergência. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 45-49, 2001.
- REIS, E.F. *Ambiente solo-semente em um Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes mecanismos rompedores e compactadores de uma semeadora de plantio direto na cultura do milho*. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- REIS, E.F. *Inter-relação solo-semente com duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, em diferentes umidades de um solo argiloso*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- SAS Institute Corporation – *Propriety software release 6.08*. Cary, 1989.
- SILVA, F.M. *Influência do tipo de rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras, no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas*. 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.
- SILVA, F.M. *et al.* Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras - influência no condicionamento físico do solo na região de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. *Anais...* Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. p. 1126-1146.
- SILVA, R.P. *Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de semeadura nas características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.)*. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- SILVA, R.P. *et al.* Efeito da profundidade de semeadura e da carga aplicada sobre a roda compactadora no desenvolvimento da soja (*Glycine max*). *Eng. Agric.*, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 169-176, 2004.

Received on August 22, 2006.

Accepted on January 12, 2007.