

COMPARATIVO NA UNIFORMIDADE / DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES EM FUNÇÃO DO TIPO DE SEMEADORAS

COMPARATIVE DEGREE IN UNIFORMITY / SEED DISTRIBUTION IN FUNCTION OF THE SEEDERS TYPE

Maria Cristina Cavalheiro Tourino¹, Pedro Milanez de Rezende², Luís Gustavo Pessôa de Almeida³, Lucas Alves da Silva⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de três semeadoras no estabelecimento da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], sob semeadura convencional e cinco densidades de plantas nas linhas (10, 13, 16, 19 e 22 plantas.m⁻¹). Os testes foram conduzidos em campo durante os anos 2001/2002 e 2002/2003, com as cultivares Monarca e Conquista. As máquinas utilizadas foram duas semeadoras de precisão, com sistema de dosagem por pressão negativa (A) e com sistema mecânico de discos horizontais com furos (B) e, uma semeadora de fluxo contínuo com rotor acanalado de canais helicoidais (C). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições, e tratamentos em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas principais corresponderam as densidades e, as subparcelas as três semeadoras mais uma semeadura manual. Avaliaram-se uniformidade (espaçamentos duplos, aceitáveis e falhas), CV, precisão e estande. Nenhuma semeadora igualou-se estatisticamente a semeadura manual. Semeadoras de fluxo contínuo, com cobridor de sementes do tipo correntes, não são adequadas para utilização na cultura da soja. A semeadora de precisão com sistema de dosagem pneumático apresentou desempenho superior a com sistema mecânico, que foi insatisfatória na maioria das densidades. O aumento da densidade reduziu a uniformidade do sistema pneumático.

Palavras-chave: soja, mecanização, duplos, aceitáveis, falhas.

ABSTRACT

I aim at of this work it was to study the acting of three seeders types in the establishment of the culture of the soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], under conventional seeding and five densities of plants in the lines (10, 13, 16, 19 and 22 plants.m⁻¹). The tests were led in field during the years 2001/2002 and 2002/2003, with you cultivate them Monarca and it Conquista. The used machines were two precision seeders, with vacuum metering system (A) and with mechanical system of horizontal disks with holes (B) and, a seed drill with grooved rotor of helical channels (C). The experimental design was randomized blocks, with three replications, and treatments in split plots. To the main plots they corresponded the densities and, to the subplots the three seeders one more manual seeding. Uniformity (multiples index, quality of feed index and miss index), CV, precision and stand were evaluated. No seeder was equaled the manual seeding. Seed drill, with chain covering device of seeds, are not appropriate for use in the culture of the soybean. The precision seeder with vacuum metering system presented better acting than the mechanical system that was unsatisfactory in most of the densities. The increase of the density reduced the uniformity of the pneumatic system.

Key words: soybean, mechanization, multiples index, quality of feed index, miss index,

INTRODUÇÃO

Estandes desuniformes, com plantas mal distribuídas nas linhas, provocam variações nas lavouras de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Pontos de acúmulo geram plantas mais altas, menos ramificadas, com maior tendência ao acamamento e menor produção individual. Ao contrário, espaços vazios ou "falhas", além de facilitar o desenvolvimento de plantas daninhas, levam ao estabelecimento de plantas de porte reduzido, com caule de maior diâmetro, mais ramificadas, e com maior produção individual (TOURINO et al., 2002). Um estande produzido dessa forma pode levar à redução da produtividade da cultura, além das dificuldades proporcionadas à colheita mecanizada.

Entretanto, segundo EWEN et al. (1981), a uniformidade de espaçamento entre plantas não é fator significativo na determinação da produtividade da soja, o que possibilitaria a implantação da cultura utilizando semeadoras com dosador de sementes do tipo rotor acanalado. De acordo com PORTELLA et al. (1998) rotores acanalados, com dimensionamento adequado, podem ser tão precisos na semeadura da soja quanto o sistema de discos alveolados. Estes mecanismos, no entanto, de acordo com PARISH et al. (1999), não proporcionam a mesma uniformidade de dosagem das semeadoras de precisão. DELAFOSSE (1986) recomenda realizar a semeadura de sementes de formato irregular, tegumento delicado e/ou com necessidade de precisão nos espaçamentos, como é o caso da soja, com sistemas de dosagem pneumático. Segundo estudos desse autor, o sistema pneumático apresentou grau de precisão 34% superior ao sistema mecânico em baixas velocidades (5 km.h⁻¹). Em velocidades mais altas a precisão dos dois sistemas tende a equilibrar-se. Isto ocorre, provavelmente, porque o aumento na velocidade de deslocamento da máquina, seja ela com princípio de dosagem mecânica ou pneumática, implica no aumento na velocidade tangencial dos discos dosadores e, conseqüentemente, redução no tempo de exposição semente/célula.

O mesmo ocorre quando há, para uma mesma velocidade de deslocamento da máquina, um aumento na densidade de sementes a distribuir por metro linear. De acordo com algumas recomendações internacionais, a velocidade tangencial dos discos dosadores no centro das células, não deve ultrapassar os limites de 0,29 m.s⁻¹ (FAO)¹ ou 0,315 m.s⁻¹ (ASAE)¹. Segundo TOURINO & DANIEL (1996), a velocidade de 0,19 m.s⁻¹ proporcionou maior precisão na dosagem de sementes de soja, com um dosador de discos horizontais.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutor, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG E-mail: mcctouri@ufla.br.

² Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, Doutor, Depto. de Agricultura, Universidade Federal de Lavras (UFLA)

³ Engenheiro Agrícola, SLC Agrícola, Fazenda Paiaguas S/A, Rodovia BR 364, km 328 + 25 km, Caixa Postal 281, Tangará da Serra, MT

⁴ Graduando do Curso de Engenharia Agrícola/UFLA. Departamento de Engenharia.

(Recebido para Publicação em 16/11/2004, Aprovado em 11/09/2007)

Por outro lado, BRAGACHINI et al. (2003), consideram que na cultura da soja, os distribuidores pneumáticos não apresentam grande vantagem em relação aos sistemas mecânicos, devido a alta massa específica das sementes, forma redonda e alta densidade de plantas (maior velocidade do dosador).

Propriedades físicas das sementes como massa específica, esfericidade, área projetada e massa de mil grãos são, de acordo com BARUT (1996), citados por KARAYEL et al. (2004), os fatores mais importantes na determinação do nível ótimo de pressão negativa em semeadoras pneumáticas. Estes autores determinaram, a partir das propriedades citadas, para uma densidade de 9,5 sementes.m⁻¹, que entre os níveis de pressão negativa de 2, 3, 4 e 5 kPa (8", 12", 16" e 20" de água, respectivamente) o ideal para sementes de soja é 3 kPa (12" de água). Valores maiores ou menores do que o ideal reduziram a precisão na dosagem.

A obtenção de um bom estande, além de outros fatores, está relacionada ao bom desempenho das semeadoras. No Brasil, o Centro Nacional de Engenharia Agrícola – CENEA (1975)¹ foi a instituição responsável por avaliar o desempenho dessas máquinas até março de 1990. De acordo com resultados de ensaio de semeadoras, com sementes de soja, realizados no CENEA, máquinas com sistema de dosagem mecânico, apresentaram uniformidade de espaçamentos inferior a 50%.

Nas avaliações de desempenho de semeadoras, os espaçamentos entre sementes/plantas são medidos e distribuídos em classes de frequência, cujos limites são definidos por decimais de um espaçamento teórico de referência denominado Xref.. Valores compreendidos entre os limites 0,5Xref ≤ xi < 1,5Xref são classificados como espaçamentos aceitáveis. Os valores abaixo e acima desses limites são considerados espaçamentos duplos (múltiplos) e falhos, respectivamente. TOURINO & KLINGENSTEINER (1983) sugeriram critérios para a classificação do desempenho de semeadoras com relação aos espaçamentos aceitáveis. Segundo os critérios sugeridos pelos autores, tem ótimo desempenho a semeadora que apresenta de 90 a 100% de espaçamentos aceitáveis; bom desempenho, de 75 a 90%; regular de 50 a 75% e abaixo de 50%, desempenho insatisfatório. COELHO (1996) sugere que semeadoras pneumáticas devem proporcionar uniformidade de espaçamentos entre sementes, dentro das linhas, acima de 90% e, semeadoras de discos perfurados horizontais acima de 60%.

O desempenho de semeadoras tem sido ao longo do tempo avaliado em condições de laboratório e de campo. No laboratório mede-se espaçamentos entre sementes distribuídas sobre uma correia com graxa ou óleo. Em condições de campo mede-se espaçamentos entre sementes no sulco ou espaçamento entre plantas nas linhas após a emergência (KACHMAN & SMITH, 1995; PANNING et al., 2000; ÖZMERZI et al., 2002; IVANCAN et al., 2004). O desempenho de semeadoras é influenciado por fatores tais como: variabilidade na dosagem (erros na captura e liberação das sementes), interações semente/tubo condutor, ricochetes e rolamentos dentro do sulco e fechamento/compactação dos sulcos (KOCHER et al., 1998). As medições em laboratório não detectam os fatores relativos a ricochetes, rolamentos, fechamento e compactação dos sulcos. A medição dos espaçamentos entre sementes no sulco após a semeadura,

contempla todos os fatores porém, requer um tempo considerável para o descobrimento cuidadoso de todas as sementes, sem deslocá-las de sua posição (LAN et al., 1999). Desta forma, muitos pesquisadores realizam medições de espaçamentos entre plantas, após alguns dias da emergência. Este procedimento, no entanto, segundo KACHMAN & SMITH (1995) e LAN et al. (1999), pode introduzir uma variabilidade adicional na comparação entre semeadoras, uma vez que nem todas as sementes emergem, diferindo os espaçamentos entre plantas dos espaçamentos entre sementes distribuídas. De acordo com LAN et al. (1999) e PANNING et al. (2000), embora os dados de espaçamentos entre plantas obtidos em campo não sejam uma representação real do desempenho da máquina, eles podem ser utilizados para avaliar a eficiência das semeadoras.

De acordo com KACHMAN & SMITH (1995) o coeficiente de variação (CV), utilizado na avaliação de semeadoras, não é adequado para avaliação do desempenho de semeadoras, uma vez que a distribuição dos espaçamentos entre plantas, neste caso, não é normal. Em condições de campo, segundo os autores, é comum a observação de grande variabilidade nos espaçamentos em função de fatores como ineficiência dos sistemas de dosagem, dos mecanismos de deposição das sementes no solo e de fatores não ligados ao desempenho das máquinas, como razão de emergência, provocando o surgimento de picos de duplos e de falhas. Os picos de falhas por sua vez, podem ser constituídos de pequenas e de grandes falhas. Poucos pontos com grandes falhas tem influencia significativa no desvio padrão, e a própria média é muitas vezes deslocada em função da ocorrência dessas falhas, dificultando a interpretação dos resultados. Apesar disso, de acordo com as normas da ABNT (1994), o CV deve ser obtido levando em consideração toda a amostra de espaçamentos. KACHMAN & SMITH (1995), propuseram a utilização de um parâmetro, semelhante ao CV, ao qual denominaram Precisão, a ser obtido somente dentro da faixa de espaçamentos aceitáveis e relacionado com o espaçamento teórico (Xref). O CV e a Precisão, obtidos dentro da faixa de espaçamentos aceitáveis, não são afetados pela ocorrência de picos de múltiplos e de falhas. De acordo com KACHMAN & SMITH (1995) as medidas baseadas no espaçamento teórico como os índices de múltiplos, falhas, aceitáveis e a Precisão podem sumarizar bem o desempenho de semeadoras. Os autores consideraram um limite prático máximo para a precisão de 29%. Acima desse valor a precisão não é considerada adequada.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho em campo, sob semeadura convencional, de três semeadoras, em cinco densidades (10, 13, 16, 19 e 22 plantas.m⁻¹), mediante testemunha semeada manualmente (sementes distribuídas com uniformidade de 100%, em cada densidade) no estabelecimento de estandes uniformes, na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram conduzidos nos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003, nos campos experimentais da Fazenda Palmital da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – FAEPE, município de Ijaci, MG, de latitude 21°10' sul, longitude 44°55' e altitude 805 metros, em uma área de aproximadamente um ha, na cultura da soja.

A precipitação total dos meses de novembro a abril de 2001/2002, foi de 1257,9 mm, e de 2002/2003 foi de 1077,9 mm com médias de umidade relativa e temperatura para esses períodos de 76% e 22,2°C (2001/2002) e de 75% e

¹CENTRO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CENEA, Fazenda Ipanema, Iperó, SP. 1975. (instituído pelo Decreto No.76.895, de 23/12/1975 e extinto em março de 1990.

22,6°C (2002/2003). O tipo de solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Câmbico, de acordo com o SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (EMBRAPA, 1999). A declividade média da área utilizada é de 2% e o teor de água no solo foi considerado adequado para a semeadura da soja.

Os cultivares de soja utilizados foram Monarca (2001/2002) e Conquista (2002/2003), ambos recomendados para a região, considerando cinco densidades 10, 13, 16, 19 e 22 plantas por metro linear.

As máquinas utilizadas foram duas semeadoras de precisão, sendo uma com dosador de sementes do tipo pneumático por pressão negativa e outra com dosador de sementes do tipo mecânico de discos horizontais de nylon, com furos redondos, e uma semeadora de fluxo contínuo com dosador de sementes do tipo rotor acanalado, com canais helicoidais. A semeadora A apresenta quatro linhas de semeadura enquanto que a B e C cinco linhas, todas espaçadas de 0,45 m. As três máquinas foram utilizadas na versão para semeadura convencional, com sulcadores para sementes do tipo discos duplos e reguladas para uma profundidade de semeadura de 3 cm. O controle de profundidade dos sulcos de sementes, na semeadora A, é realizado por duas rodas posicionadas lateralmente aos discos duplos. Na semeadora B essas rodas ficam posicionadas atrás dos discos duplos. A profundidade de sementes e de

fertilizantes, na semeadora C é controlada por meio de dois volantes, localizados nos dois lados da barra porta ferramentas, e de hastes individuais em cada linha. Os sulcadores para fertilizantes foram de discos duplos defasados na semeadora A e de facas (hastes) na B. Na semeadora C a abertura dos sulcos para fertilizantes e sementes é realizada pelo mesmo conjunto sulcador. O sistema de fechamento e compactação dos sulcos na semeadora A é composto por rodas duplas inclinadas (Figura 1a), na semeadora B por rodas planas cobertas com borracha lisa (Figura 1b) e, na C por correntes (Figura 1c).

O sistema de pressão (negativa) da semeadora A consistiu de um circuito fechado, no qual uma bomba hidráulica é acoplada a Tomada de Potência (TDP) do trator gerando um fluxo de óleo que aciona um motor hidráulico acoplado a uma turbina, através de mangueiras (linhas de pressão e linhas de retorno, com resfriador de óleo e filtro). Na linha de pressão, antes do motor hidráulico, encontra-se uma válvula de controle através da qual regula-se o fluxo de óleo para o acionamento do motor e consequentemente da turbina, de acordo com a pressão negativa desejada (registrada por um vacuômetro). Para a realização deste trabalho regulou-se a válvula de controle de forma a obter-se, durante todo o processo de semeadura, 8 polegadas de água (203 mm - recomendado pelo fabricante para a cultura da soja, com esta semeadora), a qual foi monitorada constantemente.

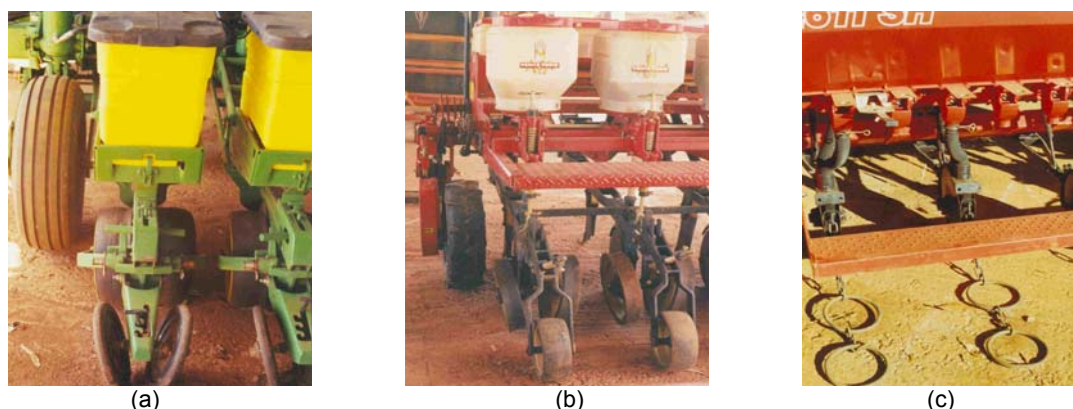


Figura 1 - Sistemas de compactação para sementes no solo: (a) rodas de compactação duplas em V, da semeadora A; (b) rodas de compactação cobertas com borracha lisa, da semeadora B; (c) sistema de cobertura das sementes através de correntes, da semeadora C.

Para a tração das semeadoras foram utilizados os tratores Valtra 900L 4x2 TDA (semeadora A), Valmet 88 (semeadora B) e Valmet 85 (semeadora C). No dia da implantação do experimento e anteriormente as operações de semeadura (nos dois anos) foram realizadas várias determinações para a seleção das velocidades a utilizar, de acordo com o tipo de máquina, através da cronometragem de tempo e medição de distância percorrida. Com as velocidades selecionadas foi então iniciado o processo de semeadura. Durante todo o processo todos os tempos efetivos de semeadura foram cronometrados e as distâncias medidas para a confirmação das velocidades selecionadas. As velocidades médias de semeadura, no primeiro ano, foram 2,3 m.s⁻¹ (8,3 km.h⁻¹) - Semeadora A; 1,8 m.s⁻¹ (6,6 km.h⁻¹) - Semeadora B e 1,6 m.s⁻¹ (5,7 km.h⁻¹) - Semeadora C. No segundo ano utilizaram-se velocidades mais baixas em virtude dos resultados obtidos no primeiro ano sendo 2,1 m.s⁻¹ (7,5 km.h⁻¹) - Semeadora A e 1,5 m.s⁻¹ (5,5 km.h⁻¹) - Semeadora B.

As velocidades tangenciais dos dosadores (V_{td}) - semeadoras A e B - foram obtidas, de acordo com TOURINO (1993), através das velocidades de semeadura (V) já citadas, da relação de transmissão (RT) utilizada em cada máquina, em cada densidade, do diâmetro médio das linhas de furos dos discos dosadores (D_d) e do diâmetro da roda de acionamento (D_r) do sistema de dosagem, através da Equação 1:

$$V_{td} = \frac{V \times RT \times D_d}{D_r} \quad 1$$

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As densidades (plantas.m⁻¹) foram dispostas nas parcelas. Nas subparcelas foram dispostos as semeadoras e um tratamento manual (testemunha).

As subparcelas foram constituídas por quatro linhas espaçadas entre si de 45 cm e com cinco metros de comprimento, sendo consideradas como área útil apenas as

duas linhas centrais, desprezando-se os 0,50 metro nas extremidades. Nos tratamentos com máquina a semeadura foi realizada em área maior, de acordo com os tratamentos, demarcando-se posteriormente as subparcelas.

Para atingir as densidades de plantas desejadas nas linhas (densidades meta - 10, 13, 16, 19 e 22 plantas.m⁻¹), todas as semeadoras (A, B e C) foram reguladas para uma dosagem maior de sementes, considerando-se para isto a porcentagem de germinação das sementes de 80%. O deslizamento, para a semeadora A, foi considerado de 10%, em função das características técnicas das rodas de acionamento dos dosadores (Figura 2a), compostas por estrias longitudinais com menor aderência ao solo (rodas de direção utilizadas em tratores). Para as semeadoras B e C foi considerado um deslizamento menor, de 5%, compatível com o tipo de rodas de acionamento utilizado nestas máquinas (Figuras 2b e 2c), com garras transversais para maior aderência ao solo. O índice de danos mecânicos às sementes,

para a semeadora A, foi considerado de 0% por se tratar de uma semeadora pneumática na qual as sementes não passam através de furos e, para as semeadoras B e C, 5% por se tratarem de sistemas mecânicos, com maior possibilidade de proporcionar danos às sementes. Com base nesses parâmetros foram selecionadas as relações de transmissão (semeadoras A e B), mais próximas dos valores desejados, em cada densidade. No caso da semeadora C, as dosagens foram selecionadas pela maior ou menor exposição do rotor à massa de sementes. Nesta máquina a posição da comporta regulável foi, de acordo com recomendações do fabricante para a cultura da soja, colocada na posição central. Assim, as regulagens em cada densidade e semeadora (A, B e C) foram, respectivamente: para 10 plantas.m⁻¹ - 15,5; 14,3 e 13,9 sem.m⁻¹; para 13 plantas.m⁻¹ - 18,9; 18,1 e 18,1 sem.m⁻¹; para 16 plantas.m⁻¹ - 23,0; 22,9 e 22,2 sem.m⁻¹; para 19 plantas.m⁻¹ - 28,1; 28,8 e 26,4 sem.m⁻¹; para 22 plantas.m⁻¹ - 31,6; 31,9 e 30,6 sem.m⁻¹.

Figura 2. Rodas para acionamento dos mecanismos dosadores: (a) da semeadora A; (b) da semeadora B; (c) da semeadora C.

Nos tratamentos manuais a colocação do fertilizante no solo e a abertura dos sulcos para sementes foram realizadas utilizando-se a semeadora A com os reservatórios de sementes vazios e com as rodas de compactação sem pressão. Após isto, foi realizada a semeadura manual com auxílio de réguas perfuradas (Figura 3). Na posição de cada furo foram colocadas duas sementes e posteriormente (25 dias após a emergência) foi realizado o desbaste de forma a manter somente uma planta em cada posição. O fechamento e compactação dos sulcos de sementes, neste caso, foram realizados manualmente.

Após o estabelecimento da cultura foram realizadas as avaliações de uniformidade de espaçamento entre plantas. Para isto foram medidos os espaçamentos entre 51 plantas consecutivas dentro da área útil de cada subparcela, em cada repetição. No caso da semeadora C, em virtude do baixo estande produzido (média de 1,2 plantas.m⁻¹), a quantidade de espaçamentos medidos foi menor e variável, dentro de cada tratamento, fato que levou a sua exclusão das análises estatísticas realizadas no primeiro ano. Por este motivo, esta semeadora também não foi utilizada no segundo ano do trabalho.

Para as avaliações de uniformidade foram obtidos os índices de espaçamentos múltiplos ou "duplos" (D), menores que 0,5 vez o espaçamento teórico (0,0 Xref ≤ xi < 0,5 Xref); qualidade de enchimento ou "aceitáveis" (A), de 0,5 a menores que 1,5 vez o espaçamento teórico (0,5 Xref. ≤ xi < 1,5 Xref.); e de "falhas" (F) iguais ou maiores que 1,5 vez o espaçamento teórico (xi ≥ 1,5 Xref.), o espaçamento médio e o Coeficiente de Variação de toda a população. O espaçamento teórico (Xref.), é a distância teórica entre sementes, obtida com base nas especificações de projeto da máquina e nas relações de

transmissão utilizadas para cada densidade. Os valores xi são os espaçamentos reais observados. Todos esses índices foram calculados de acordo com o projeto de Norma para avaliação de semeadoras de precisão da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1994). Também foi calculada a precisão, de acordo com o proposto por KACHMAN & SMITH (1995), através da Equação 2:



Figura 3 - Semeadura manual. Régua utilizada em uma das densidades.

$$P(\%) = \frac{DP}{X_{ref.}} \times 100 \quad 2$$

Em que:

P(%) - precisão;

DP - desvio padrão;

X_{ref} - espaçamento teórico.

As avaliações foram realizadas com base em dois valores de Xref sendo um teórico baseado nas regulagens das semeadoras (Xref. máquina) – sementes por metro (ABNT, 1994 e Kachman & Smith, 1995) e outro baseado nas densidades meta (Xref. meta) – plantas por metro desejada. Este procedimento foi adotado para avaliar a utilização do Xref. da máquina em condições de campo. No caso da semeadora manual o espaçamento teórico (Xref.) considerado, foi obtido somente a partir das densidades meta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 são mostrados as médias dos parâmetros uniformidade, precisão e estande obtidas nos dois anos de experimentos. Apesar dos resultados obtidos com a semeadora C terem sido excluídos das análises estatísticas, eles também são apresentados também na Tabela 1, para que o seu desempenho seja evidenciado. Observa-se assim, pelos dados apresentados nessa tabela, que houve grande redução no estande obtido com a semeadora C, em relação às densidades desejadas, resultando em altas porcentagens de falhas nas linhas (Figura 5c), o que contradiz as afirmações de PORTELLA et al. (1998). As falhas observadas neste caso podem ser devidas a alguns dos seguintes fatores: sementes e fertilizantes sendo colocados no sulco por meio de um mesmo sulcador; tipo de mecanismo dosador utilizado nesta semeadora (rotor acanalado); sistema de acondicionamento das sementes no solo proporcionado por esta máquina, através de correntes (Figuras 1c e 4c).

A avaliação dos espaçamentos entre plantas realizada utilizando os Xref máquina mostrou uma elevada porcentagem de falhas para as máquinas A e B em ambos os anos. Estas falhas, no entanto, incluem efeito de fatores, além dos relacionados com o desempenho das semeadoras em si, dos relativos à qualidade das sementes como germinação e emergência. A não emergência de todas as sementes faz com que o espaçamento entre plantas obtido seja maior que o esperado, o que foi observado neste estudo (Tabelas 1 e 2). Segundo KACHMAN & SMITH (1995), isto pode introduzir uma variabilidade adicional na comparação entre semeadoras. A distribuição das falhas relativas à qualidade das sementes, entretanto, ocorre de forma homogênea na lavoura, ficando a uniformidade mais relacionada com o desempenho da semeadora em si. O espaçamento médio entre plantas observado aproximou-se do Xref. meta para todos os tratamentos destas máquinas.

Com base nisto e no fato que os fatores referentes à qualidade das sementes são comuns a todos os tratamentos, considerou-se o Xref meta mais adequado para referenciar o desempenho das semeadoras em campo.

Os índices de espaçamentos aceitáveis, nos dois anos, para os tratamentos manuais foram significativamente maiores que os demais (maior uniformidade – Figura 5d), demonstrando que nenhuma das semeadoras atingiu grande precisão na distribuição dos espaçamentos. Porém, mesmo nos tratamentos manuais houve uma tendência de redução na porcentagem de espaçamentos aceitáveis com o aumento da densidade, mais acentuada no primeiro ano. Esta redução foi acompanhada por uma tendência de aumento das porcentagens de falhas. A maior parte das falhas, neste caso, reflete a influência dos fatores ambientais, qualidade das sementes e ainda habilidade do semeador ao posicionar a semente, cobri-la e compactar o solo ao seu redor, na emergência das plântulas. Cada semente que não emerge provoca o surgimento de um espaçamento maior o qual será

classificado como falha. O impacto da não emergência na distribuição dos espaçamentos entre plantas foi citado também por KACHMAN & SMITH (1995). Por outro lado, com o aumento da densidade, os espaçamentos entre plantas são reduzidos, o que dificulta a localização correta das sementes no sulco e o desbaste manual das plântulas.

Nos dois anos observou-se um aumento maior das falhas nas densidades maiores, de 19 e 22 plantas.m⁻¹. Entretanto, no primeiro ano, na densidade de 22 plantas.m⁻¹ é possível que algumas plantas tenham sido arrancadas equivocadamente, por ocasião do desbaste, o que pode ser observado através do espaçamento médio (permaneceu igual ao da densidade de 19 plantas.m⁻¹), e da redução no estande (também permaneceu como na densidade de 19 plantas.m⁻¹) elevando conseqüentemente o índice de falhas.

A semeadora "A" com sistema de dosagem pneumático apresentou índice de espaçamentos aceitáveis apenas regular (50 a 75%), para as densidades de 10 a 16 plantas.m⁻¹, no primeiro ano, e para todas as densidades no segundo ano, segundo os critérios de avaliação geral sugeridos por TOURINO & KLINGENSTEINER (1983) e não atingiu a classificação proposta por COELHO (1996) que considera de 90% a porcentagem mínima de espaçamentos aceitáveis para semeadoras pneumáticas. O melhor desempenho observado com esta semeadora foi para a densidade de 10 plantas.m⁻¹, no primeiro ano e, 13 plantas.m⁻¹ no segundo ano, observando-se uma tendência para a redução nos índices de espaçamentos aceitáveis e aumento nas falhas com o aumento da densidade, principalmente no primeiro ano. BRACY et al. (1999), relataram efeito semelhante, para uma semeadora pneumática, observando maior uniformidade com o aumento do espaçamento entre sementes (redução na densidade). Quando se utiliza um mesmo disco de sementes, com um determinado número de células, o aumento da densidade (sementes.m⁻¹) implica necessariamente em aumento da velocidade tangencial do disco e conseqüentemente o tempo de exposição semente/célula é reduzido. Para a semeadora A, a velocidade tangencial no centro da segunda linha de células (disco com três linhas de células) variou entre 0,22 m.s⁻¹ (10 sementes.m⁻¹) e 0,44 m.s⁻¹ (22 sementes.m⁻¹), para uma velocidade média da máquina de 8,3 km.h⁻¹, no primeiro ano. No segundo ano, a velocidade de deslocamento foi reduzida para 7,5 km.h⁻¹, para esta máquina e conseqüentemente a velocidade tangencial das células diminuiu em cada densidade. Na densidade de 13 sementes.m⁻¹ a velocidade foi de 0,23 m.s⁻¹ (aceitáveis – 69,3 %), semelhante a velocidade da densidade de 10 sementes.m⁻¹ no primeiro ano que foi de 0,22 m.s⁻¹ (aceitáveis – 70,7 %). Isto pode indicar que a velocidade dos discos dosadores ideal para esta semeadora esteja próxima dos valores obtidos, o que está abaixo dos limites da FAO e próximo dos valores obtidos por TOURINO & DANIEL (1996). Nos dosadores pneumáticos, além das limitações da velocidade dos dosadores, existe um outro fator que pode influenciar na captura das sementes que é o nível de pressão negativa. No caso da semeadora em questão foi utilizado um nível de pressão negativa constante para todas as densidades que, de acordo com as recomendações do fabricante, para soja, foi de 8 polegadas de água (203 mm). Este valor é inferior ao nível ideal recomendado por KARAYEL et al. (2004) e pode ter influenciado na capacidade de enchimento das células dos discos, aumentando o número de falhas, principalmente nas maiores densidades (maior vtd). Redução na uniformidade com aumento da densidade em um mesmo nível de pressão (negativa) foi também observada por

ALLAN & WIENS, citados por PORTELLA (1991). BALASTREIRE & GOMES (1990) observaram redução na porcentagem de enchimento de um dosador pneumático, para um mesmo nível de pressão (negativa), com o aumento da velocidade angular (de 20 rpm para 50 rpm), com sementes de soja. Segundo os resultados obtidos por esses autores o

enchimento de 100% dos dosadores, nas maiores velocidades (50 rpm), foi obtido com aumento do nível de pressão (negativa) para 800 mm (31,5") de água, enquanto que na velocidade mais baixa (20 rpm) esse mesmo enchimento ocorreu com 260 mm (10,2") de coluna de água.



Figura 4 - Efeito das rodas de compactação: (a) da semeadora A, com alívio de pressão no centro das linhas; (b) da semeadora B, com pressão sobre as sementes; (c) da semeadora C, com solo deixado solto sobre as sementes.

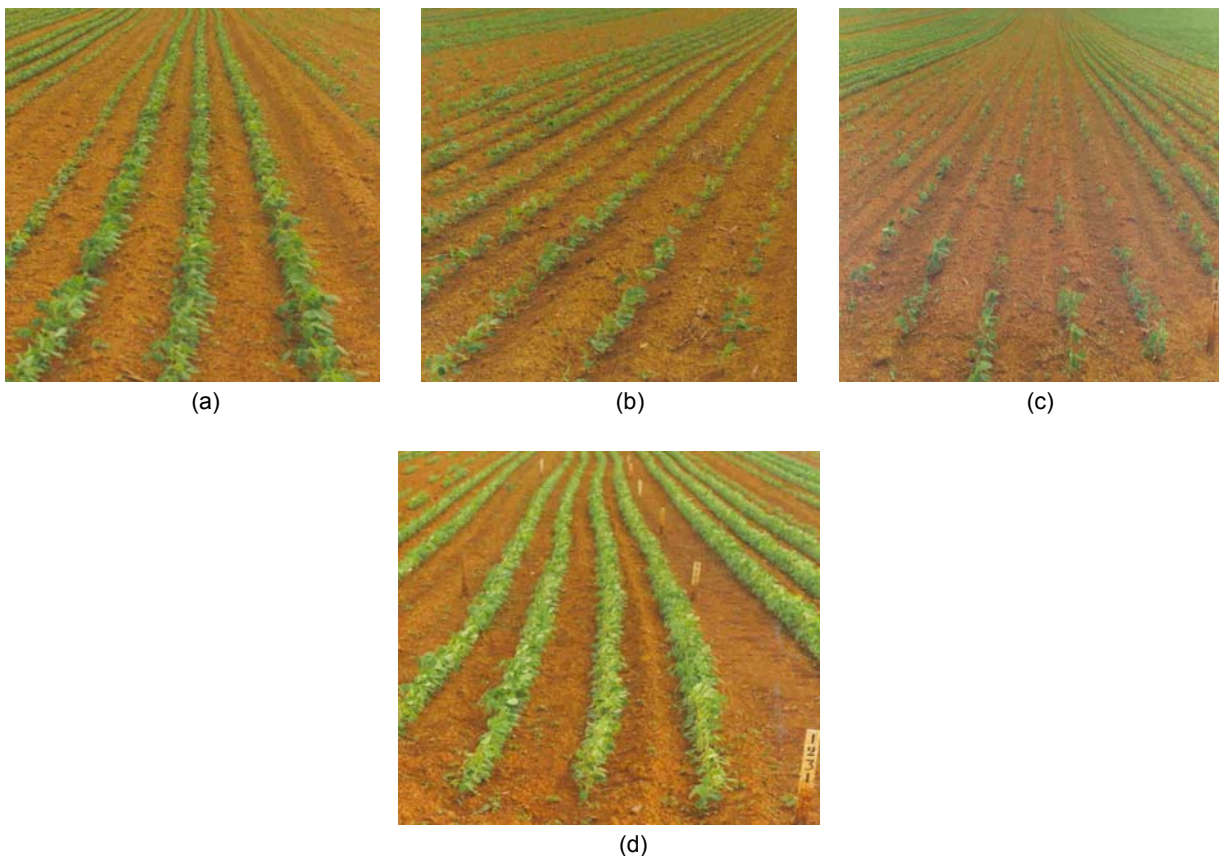


Figura 5 - Uniformidade de estande: (a) da semeadora A; (b) da semeadora B; (c) da semeadora C; (d) manual.

Tabela 1 - Resultados médios de uniformidade e estande inicial, obtidos em função das densidades e semeadoras utilizadas. Cultivar Monarca. UFLA. Lavras/MG, 2001/2002.⁽¹⁾

Densidade meta (sem/m)	Semeadora	Espaçam. médio (cm)	CV ⁽²⁾ (%)	Xref máquina (cm)	Índices ⁽³⁾			Xref meta (cm)	Índices ⁽⁴⁾			Precisão ⁽⁴⁾ (%)	Estande (pl.m ⁻¹)
					Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)		Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)		
10	Manual	10,9	31,1	10,0	0,7 a	90,7 a	8,7 a	10,0	0,7 a	90,7 a	8,7 a	12,3	9,2
	A	9,1	58,2	6,5	14,0 b	44,7 b	41,3 b	10,0	17,3 b	70,7 b	12,0 a	27,0	11,0
	B	14,4	85,4	7,0	18,7 b	27,3 c	54,0 c	10,0	22,7 b	36,7 c	40,7 b	30,5	7,0
	C	57,8	118,5	7,2	10,8	18,3	70,9	10,0	10,8	20,6	68,5	-	1,2
13	Manual	8,2	34,1	7,7	0,7 a	90,0 a	9,3 a	7,7	0,7 a	90,0 a	9,3 a	21,6	12,2
	A	7,0	70,0	5,3	12,7 b	50,0 b	37,3 b	7,7	26,7 b	56,0 b	17,3 a	28,1	14,3
	B	10,2	80,3	5,5	11,3 b	38,7 c	50,0 c	7,7	18,7 b	46,0 b	35,3 b	31,4	9,8
	C	58,1	127,0	5,5	8,7	8,9	82,4	7,7	10,7	8,9	80,4	-	1,4
16	Manual	6,7	35,8	6,3	2,7 a	88,7 a	8,7 a	6,3	2,7 a	88,7 a	8,7 a	21,5	15,0
	A	6,5	69,2	4,4	17,3 b	44,0 b	38,7 b	6,3	24,7 b	50,7 b	24,7 b	25,7	15,4
	B	10,8	80,5	4,4	14,7 b	27,3 c	58,0 c	6,3	20,0 b	36,7 c	43,3 c	26,6	9,7
	C	78,7	95,7	4,5	0,0	4,8	95,2	6,3	0,0	15,5	84,5	-	1,0
19	Manual	5,7	33,3	5,3	2,0 a	82,0 a	16,0 a	5,3	2,0 a	82,0 a	16,0 a	17,7	17,6
	A	6,6	84,8	3,6	8,0 a	48,7 b	43,3 b	5,3	24,0 b	46,0 b	30,0 b	25,5	15,3
	B	8,7	103,5	3,5	11,3 a	34,0 c	54,7 c	5,3	18,0 b	38,0 b	44,0 c	26,1	11,6
	C	55,8	100,5	3,8	3,0	6,1	90,9	5,3	3,0	10,2	86,7	-	1,2
22	Manual	5,7	42,1	4,6	4,0 a	69,3 a	26,7 a	4,6	4,0 a	69,3 a	26,7 a	22,0	17,7
	A	4,5	82,2	3,2	20,7 b	42,7 b	36,7 a	4,6	31,3 c	45,3 b	23,3 a	21,4	22,2
	B	6,6	81,8	3,2	10,7 a	28,7 c	60,7 b	4,6	20,7 b	37,3 b	42,0 b	25,9	15,8
	C	51,0	101,0	3,3	2,2	17,8	80,0	4,6	10,0	15,3	74,4	-	1,1

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de SNK (Student-Newman-Keuls);

⁽²⁾ Toda a população de espaçamentos medidos;

⁽³⁾ Calculados pelo Xref Regulagens das máquinas;

⁽⁴⁾ Calculados pelo Xref Meta.

Tabela 2 - Resultados médios de uniformidade e estande inicial, obtidos em função das densidades e semeadoras utilizadas. Cultivar Conquista. UFLA. Lavras/MG, 2002/2003.⁽¹⁾

Densidade meta (sem/m)	Semeadora	Espaçam. médio (cm)	CV ⁽²⁾ (%)	Xref Reg. máquina	Índices ⁽³⁾			Xref Meta	Índices ⁽⁴⁾			Precisão ⁽⁴⁾ (%)	Estande (pl.m ⁻¹)
					Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)		Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)		
10	Manual	10,8	30,5	10,0	0,7 a	90,7 a	8,7 a	10,0	0,7 a	90,7 a	8,7 a	14,0	9,3
	A	7,8	64,1	6,5	16,7 b	50,7 b	32,7 b	10,0	28,7 b	64,0 b	7,3 a	25,6	12,9
	B	10,3	80,5	7,0	21,3 b	37,3 c	41,3 b	10,0	28,0 b	46,7 c	25,3 b	28,2	9,8
13	Manual	7,9	26,5	7,7	0,7 a	93,3 a	6,0 a	7,7	0,7 a	93,3 a	6,0 a	18,5	12,7
	A	6,7	65,6	5,3	11,3 b	58,0 b	30,7 b	7,7	19,3 b	69,3 b	11,3 a	25,8	14,9
	B	8,9	84,2	5,5	14,0 b	44,0 c	42,0 b	7,7	23,3 b	50,0 c	26,7 b	28,9	11,3
16	Manual	6,8	30,8	6,3	0,0 a	90,7 a	9,3 a	6,3	0,0 a	90,7 a	9,3 a	21,8	14,7
	A	5,3	67,9	4,4	22,0 b	47,3 b	30,7 b	6,3	36,7 b	50,0 b	13,3 a	25,3	19,1
	B	5,9	89,8	4,4	26,0 b	42,0 b	32,0 b	6,3	42,7 b	36,7 b	20,7 a	26,9	17,2
19	Manual	5,5	30,9	5,3	2,7 a	84,7 a	12,7 a	5,3	2,7 a	84,7 a	12,7 a	21,1	18,2
	A	4,3	65,1	3,6	12,7 b	60,0 b	27,3 b	5,3	28,7 b	59,3 b	12,0 a	25,0	23,4
	B	5,4	87,0	3,5	13,3 b	47,3 c	39,3 c	5,3	24,7 b	56,7 b	18,7 a	27,5	18,9
22	Manual	4,9	32,6	4,6	4,0 a	84,0 a	12,0 a	4,6	4,0 a	84,0 a	12,0 a	21,5	20,6
	A	4,0	65,0	3,2	13,3 b	50,7 b	36,0 b	4,6	28,7 b	58,7 b	12,7 a	24,3	25,1
	B	4,3	88,3	3,2	15,3 b	53,3 b	31,3 b	4,6	36,7 b	42,7 c	20,7 a	22,7	23,3

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de SNK (Student-Newman-Keuls);

⁽²⁾ Toda a população de espaçamentos medidos;

⁽³⁾ Calculados pelo Xref Regulagens das máquinas;

⁽⁴⁾ Calculados pelo Xref Meta.

A alta porcentagem de espaçamentos duplos observados, com esta semeadora, pode estar relacionada com a não utilização do eliminador duplo de sementes. Por outro lado, a ocorrência de espaçamentos duplos e de falhas não se dá somente em função da ineficiência dos dosadores (captura de mais de uma ou de nenhuma semente por célula). A interação semente/tubo condutor também pode interferir no tempo de queda das sementes fazendo com que a sua posição no sulco seja alterada, gerando um espaçamento múltiplo ou uma falha.

Apesar do desempenho da semeadora A não ter atingido os níveis de precisão esperados para o sistema de dosagem pneumático, os resultados mostram a sua superioridade em relação à semeadora com princípio de dosagem mecânico, nas densidades mais baixas. Com o aumento da densidade de semeadura o desempenho das duas máquinas tende a igualar-se estatisticamente. Isto está de acordo com as afirmações de BRAGACHINI et al. (2003). Segundo os autores, a alta densidade de semeadura é um dos fatores que reduz, na cultura da soja, a vantagem dos distribuidores pneumáticos, em relação aos mecânicos.

A emergência de plantas nos tratamentos da semeadora "B" foi muito desuniforme no primeiro ano, como pode ser observado na Figura 5b, não atingindo o estande desejado. Um dos fatores que pode ter contribuído para esse fato é, provavelmente, o tipo de roda de compactação utilizado nesta máquina. Diferentemente da semeadora A, que compacta o solo lateralmente as sementes (Figura 4a), permitindo uma boa emergência (Figura 5a), a semeadora B (Figura 4b) pressiona o solo sobre elas, dificultando a emergência das plântulas. A redução no estande pode ser constatada também através do alto índice de falhas apresentado (35,3 a 44,0 %) e do elevado coeficiente de variação (80,3 a 103,5 %). As reduções no estande aliadas ao aumento no CV mostram que o tipo de falhas, geradas por essa semeadora, foram também mais extensas do que as obtidas com a semeadora A. O índice de espaçamentos aceitáveis obtido variou de 36,7 a 46,0 %. Desempenho considerado insatisfatório, de acordo com os critérios sugeridos por TOURINO & KLINGENSTEINER (1983) e COELHO (1996). No primeiro ano a velocidade média de deslocamento da semeadora "B" foi de 6,6 km.h⁻¹, o que resultou em velocidades tangenciais dos dosadores, no centro das duas linhas de furos, variando entre 0,15 m.s⁻¹ (10 sementes.m⁻¹) e 0,34 m.s⁻¹ (22 sementes.m⁻¹). No segundo ano utilizou-se velocidade média mais baixa também para esta semeadora de 5,5 km.h⁻¹ (0,13 a 0,28 m.s⁻¹ para os dosadores). Com a redução da velocidade, no

segundo ano, houve redução no índice de falhas e aumento nos índices de duplos e aceitáveis, também para a semeadora "B", aumentando o estande (Tabela 3). Apesar do aumento no índice de espaçamentos aceitáveis alcançado pela semeadora B no segundo ano, ela atingiu desempenho regular somente nas densidades 13 e 19 plantas.m⁻¹, permanecendo insatisfatório nas demais densidades.

A precisão, segundo KACHMAN & SMITH (1995), têm como limite prático máximo 29%. De acordo com esse parâmetro, que avalia a variabilidade dos espaçamentos aceitáveis em relação ao espaçamento meta (Xref meta), a semeadora A foi mais precisa que a semeadora B em todas as densidades no primeiro ano. No segundo ano, a semeadora B foi mais precisa que a semeadora A na densidade de 22 plantas.m⁻¹. Entretanto, se considerarmos que a precisão é medida somente em relação aos espaçamentos aceitáveis e que, a semeadora A apresentou, nessa densidade, 16% a mais desses espaçamentos em relação a B, podemos avaliar que mesmo nessa condição a semeadora A apresentou melhores resultados. No primeiro ano a semeadora B apresentou precisão acima de 29% nas densidades 10 e 13 plantas.m⁻¹, o que significa que mesmo dentro da faixa de aceitáveis houve grande variabilidade dos espaçamentos.

Na Tabela 3 são apresentados resultados médios que comparam as duas semeadoras nos dois anos. No segundo ano, o estande médio da semeadora A ficou um pouco acima do desejado enquanto que o da semeadora B não diferiu estatisticamente do tratamento manual. O aumento no estande das duas semeadoras observado, no segundo ano, pode estar relacionado com a redução da velocidade de deslocamento das máquinas e conseqüentemente com a redução na velocidade tangencial dos dosadores. Isto permite um aumento no tempo de exposição semente/célula melhorando a seleção e a dosagem das sementes. Resultados semelhantes foram observados por STAGGENBORG et al. (2004) com sementes de milho. Segundo esses autores o aumento da velocidade de deslocamento provocou redução nas densidades observadas.

A semeadora A além de apresentar maior porcentagem média de espaçamentos aceitáveis, em relação à semeadora B, nos dois anos, apresentou melhor precisão na localização das sementes dentro dessa faixa. A semeadora B apresentou uma melhora na precisão no segundo ano.

Tabela 3 - Resultados médios de uniformidade, estande inicial e precisão, obtidos em função das densidades e semeadoras utilizadas. Cultivares Monarca e Conquista - anos 2001/2002 e 2002/2003. UFLA. Lavras/MG.⁽¹⁾

Semeadora	Ano 2001/2002					Ano 2002/2003				
	Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)	Estande (pl.m ⁻¹)	Precisão (%)	Duplos (%)	Aceitáveis (%)	Falhas (%)	Estande (pl.m ⁻¹)	Precisão (%)
Manual	2,0 a	84,1 a	13,9 a	14,3 a	19,0	1,6 a	88,7 a	9,7 a	15,1 a	19,4
A	24,8 c	53,7 b	21,5 b	15,6 a	25,5	28,4 b	60,3 b	11,3 a	19,1 b	25,2
B	20,0 b	38,9 c	41,1 c	10,8 b	28,1	31,1 b	46,5 c	22,4 b	16,1 a	26,8
Média	15,6	58,9	25,5	13,6	-	20,4	65,2	14,5	16,8	-
CV parcela	30,5	14,4	33,9	9,0	-	20,0	7,5	34,0	9,2	-
subparcela	35,1	11,0	26,8	13,6	-	23,7	12,3	44,4	9,8	-

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de SNK (Student-Newman-Keuls);

CONCLUSÕES

- Nenhuma semeadora apresentou índice de espaçamentos aceitáveis igual à testemunha semeada manualmente;

- A semeadora com dosador de sementes do tipo rotor acanalado e com cobridor de sementes do tipo correntes, não é adequada para a implantação da cultura da soja;

- A semeadora com sistema mecânico para dosagem de sementes apresentou desempenho insatisfatório em todas as densidades no primeiro ano e regular nas densidades 13 e 19 plantas.m⁻¹, no segundo ano;
- A semeadora com sistema pneumático apresentou melhor desempenho que o sistema mecânico na dosagem e distribuição de sementes de soja, com maior precisão na faixa de espaçamentos aceitáveis;
- Com o aumento da densidade de semeadura há uma redução na uniformidade de dosagem e distribuição de sementes para o sistema pneumático;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04:015.06-004 – semeadoras de precisão – ensaio de laboratório – Método de Ensaio**. São Paulo, 1994. 26 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.
- BALASTREIRE, L.A.; GOMES, E.S. Avaliação do desempenho de um dosador de sementes pneumático a vácuo. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.1, p.37-50, jul. 1990.
- BRACY, R.P.; PARISH, R.L.; McCOY, J.E. Precision seeder uniformity varies with theoretical spacing. **HortTechnology**, Alexandria, v.9, n.1, p.47-50, 1999.
- BRAGACHINI, M.; MENDEZ, A.; PEIRETTI, J.; RINALDI, M. **Semeadora de grano grueso**. Proyecto Agricultura de Precisión. Manfredi: INTA, 2003. 10 p.
- COELHO, J.L.D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: Ensaio & Certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.
- DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas sembradoras de grano grueso: descripción y uso**. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 1986. 48 p.
- EWEN, L.S.; SMITH, E.M.; EGLI, D.B. Double-cropped soybean planting variables. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.1, p.43-44, 47, 1981.
- IVANČAN, S.; SITO, S.; FABIJANIĆ, G. Effect of precision drill operating speed on the intra-row seed distribution for parsley. **Biosystems Engineering**, London, v.89, n.3, p.373-376. 2004.
- KACHMAN, S.D.; SMITH, J.A. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.38, n.2, p.379-387, 1995.
- KARAYEL, D.; BARUT, Z.B.; ÖZMERZI, A. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v.87, n.4, p. 437-444, 2004.
- KOCHER, M.F.; LAN, Y.; CHEN, C.; SMITH, J.A. Opto-electronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.41, n.1, p.237-245, 1998.
- LAN, Y.; KOCHER, M.F.; SMITH, J.A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.72, n.2, p.119-127, 1999.
- ÖZMERZI, A.; KARAYEL, D.; TOPAKCI, M. Effect of sowing depth on precision seeder uniformity. **Biosystems Engineering**, London, v.82, n.2, p. 227-230, 2002.
- PANNING, J.W.; KOCHER, M.F.; SMITH, J.A.; KACHMAN, S.D. Laboratory and field testing of sseed spacing uniformity for sugarbeet planters. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.16, n.1, p.7-13, 2000.
- PARISH, R.L.; McCOY, J.E.; BRACY, R.P. Belt-type seeder for soybeans. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.15, n.2, p.103-106, 1999.
- PORTELLA, J.A. **Transporte unitário de grãos agrícolas por processo pneumático, em dutos de pequeno diâmetro**. 1991. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica): Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PORTELLA, J.A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. Regularidade de distribuição de sementes e de fertilizantes de semeadoras para plantio direto de trigo e soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.4, p.57-64, jun. 1998.
- STAGGENBORG, S.A.; TAYLOR, R.K.; MADDUX, L.D. Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.20, n.5, p.573-580, 2004.
- TOURINO, M.C.C. **Influência da velocidade tangencial dos discos de distribuição e dos condutores de sementes de soja na precisão de semeadura**. 1993. 98p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas): Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- TOURINO, M.C.C.; DANIEL, L.A. Avaliação da uniformidade de distribuição de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.2, p. 238-244, abr./jun. 1996.
- TOURINO, M.C.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Seropédica, 1983. **Anais**. Seropédica: SBEA, 1983, p.103-107.
- TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, ago.2002.