



EFEITO DA INCLINAÇÃO TRANSVERSAL SOBRE O DESEMPENHO DE DOSADORES PNEUMÁTICOS EM DIFERENTES VELOCIDADES DE OPERAÇÃO

Airton dos Santos Alonço¹, Hendrigo Alberto Torchelsen da Silveira², Mateus Potrich Bellé³, Otávio Dias da Costa Machado⁴ & Tiago Rodrigo Francetto⁵

RESUMO: O trabalho foi conduzido no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas - LASERG, localizado na Universidade Federal de Santa Maria, com o auxílio de uma bancada que reproduz, artificialmente, as condições operacionais sob as quais a máquina efetua a semeadura no campo. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas, com três fatores experimentais: inclinação transversal do dosador com três níveis ($\pm 11^\circ$ e nivelado), velocidade de deslocamento com três níveis (1,39; 2,08 e 2,78 m s⁻¹) e três dosadores de sementes pneumáticos. As sementes utilizadas foram girassol e algodão e realizou-se a medição de 250 espaçamentos entre sementes que foram medidos com o auxílio de uma trena de 30 m esticada sobre a esteira. Para a regularidade de distribuição avaliou-se o nível de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos, e o coeficiente de variação dos dados coletados na esteira de sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Os resultados obtidos mostram que o aumento da velocidade de semeadura influenciou significativamente nos resultados médios de espaçamentos aceitáveis e falhos, além da precisão. Para o fator inclinação não houve diferença significativa pelo teste de F.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Agrícola. Semeadora. Qualidade na semeadura. Girassol. Algodão.

CROSS SLOPE EFFECT ON PNEUMATIC SEEDS FEEDERS PERFORMANCE AT DIFFERENT SPEEDS OPERATION

ABSTRACT: Our objective was to evaluate the influence of cross slope on the performance of pneumatic seeds feeders under three forward speeds. To perform this study, we used a bench that artificially reproduces the operating conditions of a sowing machine in the field. We used a randomized block design with sub-split plots, with three experimental factors: cross slope of the feeder with three levels ($\pm 11^\circ$ and leveled), travel speed with three levels (1.39, 2.08 and 2.78 m s⁻¹) and three pneumatic seed feeders. There were used Sunflower and Cotton seeds and there were evaluated 250 spaces between deposited seeds which were measured using a tape of 30 m. To regulate the best performance, the space distribution and the space between seeds data coefficient of variation were generated. The data was subjected to analysis of variance (ANOVA). The results show that increasing the speed of the planter significantly influenced the average of the space between deposited seeds average; in addition, it also influenced the precision. There was no significant difference between the cross slope factor.

KEYWORDS: Agricultural Engineering; Seeder; Sowing; Sunflower; Cotton.

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Professor Associado. E-mail: airtonalonco@gmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria, *In Memoriam*

³ Universidade Federal de Santa Maria, Doutorando PPGEA. E-mail: mateuspotrichbelle@yahoo.com.br

⁴ Professor Adjunto IFRS – Campus Bento Gonçalves. E-mail: otavio.machado@bento.ifrs.edu.br "

⁵ Universidade Federal de Santa Maria, Doutorando PPGEA. E-mail: tiago francetto@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A operação de semeadura é uma importante prática estando sempre associada à produtividade das culturas. Com isso, a realização desta tarefa deve ser com o maior grau de qualidade e precisão possível. A semeador, que realiza a tarefa de depositar as sementes no solo, deve fazê-lo colocando as sementes em espaçamentos adequados, de forma que a área para o crescimento das plantas seja satisfatório (KARAYEL et al., 2009).

Conforme Anantachar et al. (2011), a regularidade de distribuição e população ideal são importantes requisitos para a elevação dos padrões de qualidade. Neste contexto, as técnicas de semeadura e tipo de máquinas de semeadura desempenham um papel importante na colocação de sementes e emergência de plântulas que, finalmente, afetarão o crescimento das plantas e rendimento de grãos (KUMAR et al., 2013).

O mecanismo responsável pela distribuição das sementes é o dosador, que conduz as mesmas do reservatório, uma a uma ou em grupos (ABNT, 1994) sem danificá-las e conforme os padrões recomendados para a cultura. Na semeadura de algodão e girassol são utilizados, em sua maioria, dosadores mecânicos de disco horizontal e dosadores pneumáticos a vácuo.

Cada dosador possui características particulares, como por exemplo, velocidade periférica, tamanho e formato dos orifícios, quando trata-se do dosador mecânico, e velocidade periférica e pressão de trabalho quando trata-se do dosador pneumático.

Os dosadores pneumáticos podem proporcionar uma melhor distribuição das sementes (TOURINO, 2009), menor dano, melhor ajuste e mais precisão (ZHAN et al., 2010). Conforme Li et al. (2012), os dosadores pneumáticos apresentam vantagem em relação aos mecânicos, como a flexibilidade de utilização com diferentes tipos e tamanhos de sementes, apresentam taxas de dosagens mais precisas, menor danos às sementes, melhor controle e adaptação e um espectro mais amplo de aplicação. Oliveira et al. (2009), Jasper et al. (2011) e Mello et al. (2013) também identificaram melhor desempenho destes dosadores em relação aos mecânicos.

Um fator importante na operação de semeadura é a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora (SILVEIRA et al., 2013), a qual interfere sobre a qualidade da operação (DIAS, et al., 2009) e o rendimento operacional (SILVA, et al., 2010). Avaliando três dosadores pneumáticos, Smith e Kocher (2008) observaram interferência do incremento da velocidade na qualidade da distribuição de sementes de girassol.

Singh et al. (2005) ao estudar o efeito de quatro velocidades periféricas do disco, quatro pressões de trabalho e três ângulos de entrada da semente no alvéolo de um dosador pneumático com sementes de algodão, observaram que são aumentados os espaçamentos falhos e reduz-se a precisão do dosador com o incremento da

velocidade periférica do disco dosador. A elevação da velocidade na operação de semeadura interfere no estabelecimento de plantas, pois influencia de forma negativa na redução da porcentagem de espaçamentos aceitáveis e aumenta o número de falhas (SANTOS, et al., 2011), além de aumentar o percentual de danos às sementes (ANANTACHAR et al., 2010).

A inclinação de trabalho é outra importante característica verificada na atividade de semeadura no campo, afetando diretamente o comportamento dos dosadores. Seus efeitos deterioram a qualidade da distribuição, tal observação compartilhada por Searle et al. (2008), que testou três dosadores pneumáticos para a cultura do milho. Entretanto, faltam estudos para as culturas do girassol e algodão, dessa forma, objetivou-se avaliar a influência da inclinação transversal sobre o desempenho de diferentes dosadores pneumáticos de sementes em três velocidades de deslocamento com sementes das culturas de algodão e girassol, utilizando como referência a uniformidade de distribuição de sementes e estabelecendo as melhores condições de operação de dosadores pneumáticos para essas culturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), da Universidade Federal de Santa Maria posicionada geograficamente na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil, cujo centro geográfico corresponde às seguintes coordenadas: Latitude Sul 29°72'05" e Longitude Oeste -53°70'32" e altitude média de 99m (Santa Maria/RS).

A bancada utilizada foi desenvolvida por Silveira et al. (2010) e Alonço et al. (2010), sendo composta de uma estrutura com porta-dosadores, transmissão com motor elétrico e inversor de frequência, esteira de borracha recoberta com feltro de forração agulhado vertical, de fibra de poliéster, com 3 mm de espessura, também acionada por motor elétrico e inversor de frequência, de forma semelhante a Jasper et al. (2009). A pressão negativa de trabalho dos dosadores foi obtida mediante o uso de uma turbina acionada por motor elétrico, dotada de sistema regulador da pressão.

Os dosadores de sementes utilizados no trabalho são comercialmente empregados em semeadoras disponíveis no mercado brasileiro e internacional, constituídos por um disco dosador vertical, a fixação das sementes no disco dosador ocorre através da utilização de pressão negativa (vácuo). As regulagens disponíveis nos mecanismos dosadores não foram fatores de estudo, ficando estabelecida a regulagem recomendada pelos fabricantes para cada tipo de semente.

A Tabela 1 especifica algumas características dimensionais dos três dosadores estudados, sendo designados por cores em dosador A, B e C (Figura 1). Foram aferidas algumas características como pressão de trabalho, diâmetro do disco, número de orifícios do disco, número de fileiras e diâmetro do orifício.

Tabela 1: Principais características dos dosadores avaliados nos ensaios.

Parâmetros	Dosador A (DA)		Dosador B (DB)		Dosador C (DC)	
	Algodão	Girassol	Girassol	Algodão	Girassol	Algodão
Pressão de trabalho (Pa)	-5000	-1490	-5000	-1990	-5000	-5000
Diâmetro do disco (m)*	0,20	0,220	0,20	0,215	0,215	0,215
Número de orifícios	72	30	24	64	24	75
Número de fileiras	1	1	1	2	1	1
Diâmetro do orifício (m)	0,0035	0,0026	0,003	0,0035	0,003	0,0045

*diâmetro médio das fileiras de captação das sementes.

**Figura 1** - Dosadores A, B e C respectivamente.

O tubo condutor de sementes foi mantido o mesmo para todos os dosadores ensaiados, com comprimento de 0,345m com abertura superior de 0,055 x 0,037 m e inferior com 0,035 x 0,015 m com inclinações de 8° e 17°, sendo que a inclinação transversal do tubo seguia o mesmo parâmetro dos dosadores.

Para realização dos ensaios foram utilizadas sementes de algodão e girassol, com procedência comercial. Para maior detalhamento das características das sementes foram medidas amostras de 100 unidades, com o auxílio do paquímetro, a fim de estabelecer as médias da largura, espessura, comprimento e o desvio padrão dos dados. As sementes foram utilizadas somente uma vez, sendo descartadas posteriormente. Além disso, os reservatórios destas foram preenchidos no início de cada ensaio.

As velocidades e as inclinações transversais estudadas foram determinadas a partir da norma ISO:7256/1 (1982). Dessa forma, foram determinadas as velocidades de 1,38 m s⁻¹, 2,08 m s⁻¹ por ser uma intermediária e 2,78 m s⁻¹, máxima recomendada pelos fabricantes, sem ocasionarem falhas na distribuição de sementes. As inclinações foram estabelecidas em 11° para a esquerda (negativa) e para direita (positiva), assim como nivelada ao sentido do deslocamento.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas, com três fatores experimentais, onde o fator principal foi a inclinação transversal, dividida em três níveis, o sub fator foi os mecanismos dosadores pneumáticos à vácuo, composto por três unidades e o sub-subfator foi a velocidade de deslocamento, também composta por três níveis. Essa composição resultou em um fatorial 3 x 3 x 3, com três repetições para cada tratamento, totalizando 81 unidades básicas para cada tipo de semente.

Os tratamentos foram formados pela combinação da inclinação transversal, com o dosador e as velocidades de semeadura simuladas na bancada de ensaio. Esta sequência foi utilizada para todas as sementes, sendo

modificada apenas a casualização dos tratamentos dentro de cada bloco, ou seja, a ordem de execução do experimento foi sorteada com auxílio de papéis numerados.

O diâmetro do disco utilizado, quando este possui duas ou mais fileiras de orifícios, foi determinado conforme descrito por Teixeira et al. (2009) como sendo o diâmetro médio destes.

A densidade de semeadura por hectare utilizada para o algodão foi de 100.000,00 sementes por hectare e 9 sementes por metro linear, considerando um espaçamento entre linhas de 0,90 metro (PERES et al., 2012). Para o girassol, a densidade empregada foi de 43.750,00 sementes por hectare e 3,5 sementes por metro linear, considerando um espaçamento entre linhas de 0,80 metro, condições similares as de Silva et al. (2011).

Em cada unidade básica foi realizada a medição de 250 espaçamentos entre sementes, medidos com o auxílio de uma trena. A regularidade de distribuição foi determinada conforme (ABNT, ISSO:7256/1), sendo avaliada pelo nível de espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos e pelo coeficiente de variação. Assim sendo, conforme a norma será considerada como espaçamentos aceitáveis aqueles entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento médio de referência (X_{ref}) descritos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, duplos os espaçamentos menores que 0,5 vezes o X_{ref} . e falhos para espaçamentos maiores que 1,5 vezes o X_{ref} .

Os dados de espaçamentos coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando encontradas diferenças significativas pelo teste F as médias foram comparadas pelos testes de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.1.1 3.1 ALGODÃO

Os resultados da análise de variância e do teste de médias estão expostos na Tabela 2. Para o Teste F não houve diferença estatística no fator Inclinações (F1) para nenhuma das variáveis estudadas, levando a crer que para este tipo de semente o dosador, quando submetido à inclinações, não sofre depreciação da qualidade da distribuição, mesmo havendo prejuízo quando a inclinação é positiva. Isso em função de que há dificuldade de preenchimento dos alvéolos quando o reservatório é inclinado positivamente.

Já para os dosadores (F2) houve diferença estatística em todas as variáveis estudadas, exceto para a precisão, pois, para esta variável, houve uma compensação de maiores espaçamentos múltiplos em detrimento dos falhos, que foram menores. De modo geral, o dosador B (DB) obteve o pior resultado que os demais, pois seus espaçamentos múltiplos foram superiores aos dos outros dosadores.

Quando analisado o fator Velocidade (F3), todas as variáveis obtiveram diferença estatística a 1% de erro, mostrando que esta variação degrada a qualidade da distribuição dos dosadores, principalmente pela dificuldade de exclusão das sementes duplas pelos mecanismos raspadores.

Para as sementes de algodão, a diferença percentual média entre o valor dimensionado e o valor de densidade real de sementes, foi de 4,1%, a média geral dos ensaios foi de 8,92 sem m⁻¹, concordando com os limites propostos por Siqueira e Casão Junior (2002) que citam valores $\pm 10\%$ de desvios da dosagem dimensionada para a semeadura, exceto a velocidade de 1,38 m s⁻¹ do DB, que apresentou 10,3% e 10,4%, acima do estabelecido, para a inclinação direita e esquerda, respectivamente.

O dosador C (DC) apresentou melhores resultados de sem m⁻¹, em média ficando 1,2% abaixo da densidade recomendada, não diferindo significativamente do dosador A (DA), que também não alcançou o limite pré-estabelecido, diferentemente do DB que dosou, em média, 3,67% a mais.

Os valores de precisão não ultrapassam os limites propostos por Kachman e Smith (1995), indicando uma mudança significativa de precisão com o aumento de velocidade, sendo o melhor nível obtido na velocidade de 1,38 m s⁻¹, seguido de 2,08 m s⁻¹ e os piores resultados encontrados na maior velocidade (2,78 m s⁻¹).

Para os espaçamentos múltiplos, o DA obteve média de 16,46%, não diferindo do DC, com 17,90%. O DB apresentou 24,06% diferenciando-se dos outros dois. Os resultados de espaçamentos múltiplos aumentam com o aumento da velocidade, resultados que concordam com resultados obtidos por Trogello et al. (2013), citando que a elevação da velocidade de semeadura reduz a qualidade de distribuição de sementes.

As médias dos aceitáveis evidenciam a interação entre a inclinação e velocidade de semeadura, além de descrever a influência significativa do fator dosador. O DC apresentou 64,99% de aceitáveis, não diferindo do DA com 64,61%, como sendo os dois que obtiveram melhores resultados.

O aumento da velocidade influi negativamente nos aceitáveis, sendo o melhor resultado obtido na menor velocidade, o que condiz com os encontrados por Dias et al. (2009) e Silveira et al. (2012). Para os espaçamentos falhos, o DC com 17,11% e o DB com 16,75% não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 2 - Resultados médios da análise de variância e do teste de médias para densidade de sementes, precisão e espaçamentos entre sementes de algodão.

Fatores	Variáveis				
	S	P (%)	A (%)	M (%)	F (%)
F1					
-11°	8,96	26,21	64,04	18,72	17,23
Nível	8,83	25,38	64,21	18,92	16,87
+11°	8,99	25,92	60,53	20,77	18,70
F2					
DA	8,55 b	25,48	64,61 a	16,46 b	18,93 a
DB	9,33 a	26,15	59,18 b	24,06 a	16,75 b
DC	8,89 b	25,88	64,99 a	17,90 b	17,11 ab
F3					
1,38	9,22 a	24,95 c	67,24 a	18,43 b	14,32 c
2,08	8,78 b	25,71 b	63,50 b	18,69 b	17,81 b
2,78	8,79 b	26,85 a	58,04 c	21,29 a	20,67 a
Teste F					
F1	1,63 ns	1,44 ns	1,64 ns	1,32 ns	1,84 ns
F2	12,16 **	1,45 ns	7,57 **	19,78 **	4,88 *
F3	12,57 **	19,07 **	42,44 **	11,58 **	66,78 **
F1xF2	0,95 ns	1,42 ns	3,13 ns	2,60 ns	1,60 ns
F1xF3	0,83 ns	1,17 ns	2,98 *	1,54 ns	3,36 *
F2xF3	2,91 *	0,63 ns	1,70 ns	2,21 ns	1,05 ns
F1xF2 xF3	0,77 ns	1,11 ns	1,51 ns	1,87 ns	0,91 ns
C.V. (%)					
F1	3,78	7,02	13,38	26,23	21,02
F2	6,56	5,59	9,75	24,23	15,61
F3	4,15	4,39	5,86	12,38	11,47
Média geral	8,92	25,84	62,93	19,47	17,60

F1 – Inclinação; F2 – Dosador de sementes; F3 – Velocidade, S – Semente m⁻¹, P – Precisão, A – Aceitáveis, M – Múltiplo, F – Falhos. Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A tabela 3 dispõe a interação entre os fatores dosadores e velocidade. Com base nestes, observar-se que a média de sementes m⁻¹ foi reduzida pelo incremento da velocidade de deslocamento. Isso pode estar relacionado com o aumento de espaçamentos falhos nesta mesma condição, ocasionando assim, redução no número de sementes depositadas por metro linear, diminuindo a densidade. Além disso, para o dosador B, em determinadas situações, a densidade de sementes foi maior que os demais, pois neste caso, ocorreu aumento das sementes duplas, ocasionando assim, incremento na densidade.

Tabela 3 - Desdobramento de médias de sem m^{-1} (%) da interação dosadores x velocidade.

Dosadores	Velocidade (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
A	8,79 bA*	8,58 a AB	8,28 bB
B	9,81 aA	8,94 aB	9,25 aB
C	9,05 bA	8,79 aA	8,82 aA

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS para colunas = 0,52; DMS para linhas = 0,42.

A interação entre os fatores inclinação e velocidade estão descritos na Tabela 4. Houve influência da posição de trabalho nos espaçamentos aceitáveis, para a velocidade de 5,0 km h⁻¹, sendo a posição +11° a menos eficiente, onde este efeito relacionado à posição do reservatório dos dosadores, que neste caso, prejudicou a eficiência do mecanismo raspador e pelo menor contato da semente com o disco.

Para a inclinação de -11°, a primeira velocidade apresentou o melhor resultado de aceitáveis, já na posição nivelada, as duas primeiras velocidades não diferiram estatisticamente. Entretanto, pode ser observado que na maior velocidade, a qual não é recomendada por nenhum dos fabricantes dos dosadores, os resultados são depreciativos, não justificando a sua utilização.

Tabela 4 - Médias de espaçamentos aceitáveis (%) da interação inclinação x velocidade.

Inclinação	Velocidade (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
-11°	70,71 aA	62,62 aB	58,80 aB
Nivelada	68,44 aA	65,24 aA	58,93 aB
+11°	62,58 bA	62,62 aA	56,40 aB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS para colunas = 7,70; DMS para linhas = 4,25.

O desdobramento da interação significativa verificada nas análises dos espaçamentos falhos está descrita na Tabela 5. Observa-se uma tendência de aumento dos espaçamentos falhos com o incremento da velocidade provocada principalmente pela ineficiência no preenchimento dos orifícios do disco dosador e pela retenção ineficiente das sementes pelo sistema à vácuo utilizado. Também, tal condição é observada para os múltiplos, porém para esses o efeito é acentuado pelo prejuízo no desempenho dos mecanismos raspadores.

Tabela 5 - Desdobramento de médias de espaçamentos falhos (%) da interação inclinação x velocidade, com algodão.

Inclinação	Velocidade (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
-11°	12,40 bB	18,58 aA	20,71 aA
Nivelada	14,09 abC	16,67 aB	19,87 aA
+11°	16,49 aB	18,18 aB	21,42 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS para colunas = 3,49; DMS para linhas = 2,32.

GIRASSOL

Os resultados da análise de variância e do teste de médias para a cultura do girassol estão expostos na Tabela 6. Como pode ser observado, para o teste F somente houve diferença estatística para a variável precisão quando analisado o fator inclinação (F1), a 1% de probabilidade de erro. Já para os demais fatores, dosador (F2) e velocidade (F3), todas as variáveis diferiram estatisticamente. Houve interação entre F1xF2 somente para a variável precisão, já para a interação F1xF3 outras variáveis obtiveram diferença além da precisão, como o número de sementes por metro e espaçamentos falhos. Não houve interação entre os fatores F2xF3, já para F1xF2xF3 houve interação na variável precisão.

A média geral de densidade foi de 3,82 sem m^{-1} , 9,14% acima do estabelecido, isto em função do grande número de espaçamentos múltiplos do DB, que apresentou média de 4,61 sem m^{-1} , 31,7% a mais do que o dimensionado.

A média de espaçamentos múltiplos de DB ficou entre 29,10%, muito próximos dos valores encontrados por Jasper et al. (2011). O DA apresentou o menor valor de espaçamentos múltiplos (8,18%), não diferindo do DC com 11,05%. Com o aumento da velocidade de 2,08 m s⁻¹ para a velocidade de 2,78 m s⁻¹ os resultados apresentaram valores significativamente diferentes. Os DA e DC apresentaram uma diferença porcentual de 2,8% entre a densidade real e a regulada, valores estes que concordam com os limites propostos por Siqueira e Casão Junior (2002) que citam valores até ± 10%.

O índice de precisão mostrou que houve interação tripla entre os fatores, indicando que cada fator não age independentemente, situação encontrada apenas nesta variável. Os espaçamentos aceitáveis mostram que o DA e o DC tiveram 82,07% e 78,53%, respectivamente diferenciando do DB que obteve 67,23%. Esse pior desempenho do mecanismo DB está relacionado à presença de concavidades nos alvéolos do disco desse dosador, tal característica pode ter dificultado a exclusão de sementes duplas, favorecendo o aumento dos espaçamentos múltiplos.

O aumento da velocidade de semeadura influenciou significativamente no índice de espaçamentos aceitáveis,

passando de 80,47% para 70,53%. O mesmo efeito se dá para os espaçamentos falhos, sendo 5,12; 7,47 e 11,24% de médias para as velocidades 1,38; 2,08 e 2,78m s⁻¹, respectivamente. Esse efeito nos falhos está relacionado ao pior desempenho do mecanismo raspador com o incremento da velocidade, promovendo a exclusão das sementes posicionadas corretamente.

Nenhum dos dosadores atingiu o limite proposto por Coelho (1996) em que dosadores pneumáticos devem proporcionar a uniformidade de espaçamentos entre sementes, acima de 90%.

Tabela 6 - Resultados médios da análise de variância e do teste de médias para densidade de sementes, precisão e espaçamentos entre sementes de girassol.

Fatores	Variáveis				
	S	P (%)	A (%)	M (%)	F (%)
F1					
-11°	3,86	22,36 a	75,64	16,64	7,72
Nível	3,81	19,51 b	78,67	14,68	6,65
+11°	3,79	22,27 a	73,52	17,01	9,47
F2					
DA	3,39 b	20,82 b	82,07 a	8,18 b	9,75 a
DB	4,61 a	20,86 b	67,23 b	29,10 a	3,67 b
DC	3,47 b	22,45 a	78,53 a	11,05 b	10,41 a
F3					
1,38	3,89 a	19,90 c	80,47 a	14,40 b	5,12 c
2,08	3,81 ab	21,10 b	76,83 b	15,70 b	7,47 b
2,78	3,76 b	23,13 a	70,53 c	18,22 a	11,24 a
Teste F					
F1	0,12 ns	76,30 **	4,14 ns	0,42 ns	2,91 ns
F2	87,90 **	9,96 **	22,20 **	63,26 **	12,44 **
F3	5,07 *	60,06 **	33,06 **	9,83 **	57,70 **
F1x2	0,21 ns	5,38 *	0,18 ns	0,07 ns	0,16 ns
F1xF3	3,26 *	7,73 **	1,09 ns	0,52 ns	2,83 *
F2xF3	2,19 ns	0,88 ns	1,42 ns	1,29 ns	1,53 ns
F1xF2xF3	1,71 ns	5,43 **	0,83 ns	0,47 ns	2,09 ns
C.V.(%)					
F1	13,86	4,51	8,68	62,06	54,43
F2	9,87	7,16	11,26	45,99	68,87
F3	3,81	5,12	5,98	19,99	26,58
Média geral	3,82	21,34	75,94	16,11	7,94

F1 – Fator Inclinação; F2 – Fator Dosador de sementes; F3 – Fator Velocidade de deslocamento, S – Variável semente m⁻¹, P – Variável Precisão, A – Variável espaçamentos aceitáveis, M – Variável espaçamento múltiplo, F – Variável espaçamentos falhos. Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 7 estão dispostos os resultados da interação tripla entre os fatores estudados para a variável precisão. Os valores estão de acordo com os limites propostos por Kachman e Smith (1995), entretanto, na inclinação -11° (para direita), o DA apresenta os menores valores nas velocidades 5,0 e 7,5 km h⁻¹, já na posição nivelada em menor velocidade, os três dosadores apresentaram melhores resultados. Além disso, de um modo geral, o

aumento da velocidade proporcionou depreciação na precisão dos dosadores estudados, principalmente quando em operação na maior velocidade.

O DB teve maior eficiência na posição nivelada, em todas as velocidades. Já para a posição 11° (para esquerda), o DC sofreu a maior influência mediante a variação da velocidade, ocorrendo valores diferentes para cada aumento de velocidade. Houve uma tendência de homogeneização da precisão dos dosadores na maior velocidade, mostrando que nesta condição ocorre depreciação acentuada em todos os dosadores estudados.

Tabela 7 - Médias da precisão para a interação tripla (inclinação x dosador x velocidade).

Inclinação / dosador	Velocidade (km h ⁻¹)			
	5,0	7,5	10,0	
-11°	A	19,30 B*	20,93 B	23,97 A
	B	23,97 A	19,73 B	21,47 B
	C	23,43 A	23,60 A	24,87 A
Nivelada	A	17,83 B	19,07 AB	20,77 A
	B	14,73 C	18,30 B	20,70 A
	C	19,37 B	21,67 A	23,13 A
+11°	A	20,30 B	21,53 B	23,73 A
	B	20,67 B	23,00 A	25,16 A
	C	19,53 C	22,07 B	24,40 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS para linhas = 2,18.

Na Tabela 8 está o desdobramento da interação entre a inclinação e velocidade para a variável sementes por m⁻¹. Somente na inclinação de +11° houve redução significativa na densidade com o aumento da velocidade, podendo estar relacionada, ao aumento dos espaçamentos falhos. Entretanto, não houve diferença significativa entre as inclinações, mostrando que essa variável não é afetada pela inclinação.

Tabela 8 - Desdobramento de médias de sementes por m⁻¹ da interação inclinação x velocidade.

Inclinação	Velocidade (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
-11°	3,94 aA	3,81 aA	3,84 aA
Nivelada	3,87 aA	3,75 aA	3,81 aA
+11°	3,85 aA	3,89 aA	3,65 aB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS para colunas = 0,4966; DMS para linhas = 0,1674.

Na Tabela 9 estão os resultados dos espaçamentos falhos para a interação entre a inclinação e velocidade. Não foi verificado influência da inclinação sobre os espaçamentos falhos, mostrando que, para as sementes de girassol, este fator também não exerce influência sobre a distribuição longitudinal de sementes para os dosadores estudados. Entretanto, a velocidade de deslocamento exerce influência significativa sobre os falhos, principalmente quando é atingida a maior velocidade, enaltecendo que esta condição, independentemente da inclinação de trabalho e dosador, não deve ser explorada em operações de semeadura.

Tabela 9 - Desdobramento dos espaçamentos falhos para a interação inclinação x velocidade.

Inclinação	Velocidade (km h ⁻¹)		
	5,0	7,5	10,0
-11°	5,60 aB	7,20 aB	10,35 abA
Nivelada	3,91 aB	6,93 aA	9,11 bA
+11°	5,87 aB	8,27 aB	14,27 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em cada linha e minúscula em cada coluna, não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DMS para colunas = 3,99; DMS para linhas = 2,43.

4 CONCLUSÃO

A variação na inclinação alterou apenas a variável precisão para a cultura do girassol e não alterou as variáveis estudadas para a cultura do algodão.

O aumento da velocidade de semeadura influenciou negativamente todas as variáveis estudadas tanto para a cultura do algodão quanto para o girassol.

De um modo geral, os dosadores A e C apresentaram desempenho semelhante, mostrando melhores resultados para as culturas do algodão e girassol.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio.** São Paulo, 1994. 26 p.

ALONÇO, A. dos S. et al. Projeto de uma bancada para ensaios de dosadores pneumáticos de sementes: fase informacional e conceitual. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9., 2010, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39., 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. 1 CD - ROM.

ANANTACHAR, M.; KUMAR, P.; GURUSWAMY, T.. Development of artificial neural network models for the performance prediction of an inclined plate seed

metering device. **Applied Soft Computing**, Amsterdam, v.11, n. 4, p. 3753–3763, 2011.

ANANTACHAR, M.; KUMAR, P. G. V.; GURUSWAMY, T. Neural network prediction of performance parameters of an inclined plate seed metering device and its reverse mapping for the determination of optimum design and operational parameters. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 72, n. 2, p. 87–98, 2010.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, L. J. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação.** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 551 – 570.

DIAS, V. de O. et al. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1721-1728, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO: 7256/1: Sowing equipment – methods of test: part 1. Single seeddrills (precisiondrills).** Geneva, 1982. 16 p.

JASPER, R. et al. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 623-629, 2009.

JASPER, R. et al. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 102-110, 2011.

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. Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 121–125, 2009.

KUMAR, S.; SINGH, M.; SINGH, B. R. Feasibility and economic viability of raised bed planter in western plane zone of Uttar Pradesh, India. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.128, p. 37–43, 2013.

LI, X.; LIAO, Q.; YU, J.; SHU, C.; LIAO, Y.. Dynamic analysis and simulation on sucking process of pneumatic precision metering device for rapeseed. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.10, n. 1, p. 450-454, 2012.

MELLO, R. P. et al. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 44, p. 94-101, 2013.

OLIVEIRA, L. G. et al. Distribuição longitudinal de sementes de milho em função do tipo de dosador de

- sementes e velocidade de deslocamento. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 140-146, 2009.
- PERES, A. J. A. et al. Ocorrência de pragas em algodoeiro geneticamente modificado (Bt) e convencional. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, p. 810-813, 2012.
- SANTOS, A. J. M. et al. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.
- SEARLE, C. L. et al. Field slope effects on uniformity of corn seed spacing for three precision planter metering systems. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 24, n. 5, p. 581-586, 2008.
- SILVA, J. A. G. et al. Distância genética em genótipos de girassol. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.3-4, p.326-337, 2011.
- SILVA, M.C.; GAMERO, C.A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função do tipo de martelo e velocidade de deslocamento. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.25, n.1, p.85-102, 2010
- SILVEIRA, H. A. T. et al. Projeto e desenvolvimento de uma bancada para ensaios de dosadores de sementes pneumático: fase preliminar e detalhada. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9., 2010, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA 39., 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. 1 CD - ROM.
- SILVEIRA, J. C. M. et al. Avaliação da qualidade da semeadura direta do milho em função do aumento da velocidade de deslocamento e do escalonamento de marcha de um conjunto trator-semeadora-adubadora. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 95-103, 2012.
- SILVEIRA, J. C. M. et al. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. *Revista Ciência Agronômica*, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.
- SINGH, R.C.; SINGH, G. E SARASWAT, D. C. Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed Metering device for planting cottonseeds. **Biosystems Engineering**, London, v. 92, p. 429-438, 2005.
- SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. **Dinâmica de semeadoras adubadoras diretas em entre rios do oeste – PR**: resultados de avaliação. Londrina: IAPAR, 2002.
- SMITH, J.; KOCHER, M. **Evaluate planter meter and seed tube systems for seed spacing performance of confection sunflower seed to improve plant spacing in the field**. Mandan: National Sunflower Association, 2008.
- TEIXEIRA, S. S. et al. Distribuição longitudinal de sementes de milho com dosador de disco horizontal operando com uma ou duas saídas de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2417-2421, 2009.
- TOURINO, M. C. C. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p.241-245, 2009.
- TROGELLO, E. et al. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.796-802, 2013.
- ZHAN, Z.; YAOMING, L.; JIN, C.; LIZHANG, X.. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. **Biosystems Engineering**, London, v.106, n. 4, p. 344-351, 2010.