

AValiaÇÃO DE PROTÓTIPOS DE SEMEADORAS DE COVAS PARA SEMEADURA DIRETA¹

J. J. BONNIN² & J. P. MOLIN³

RESUMO: São apresentados resultados da avaliação do desempenho de três protótipos de semeadoras rotativas de covas para semeadura direta de milho, com diferentes configurações e mecanismos dosadores. Os protótipos têm origens distintas e foram obtidos de trabalhos anteriores. Foram avaliados em laboratório e em campo, em três áreas diferentes, submetidos à velocidades de 1,5; 2,0 e 2,5 m.s⁻¹. Os resultados mostraram que em laboratório e em campo independente da área, a Mq1 obteve o melhor desempenho na velocidade 2,0 m.s⁻¹. Nas Mq2 e Mq3, apesar de apresentarem configurações semelhantes, a diferença no mecanismo dosador foi decisiva no desempenho, sobretudo para a Mq3 que só atingiu o melhor desempenho na velocidade 1,5 m.s⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Semeadora de cova, Precisão, Semeadura direta.

EVALUATION OF DIFERENT PUNCH PLANTER NO-TILL PROTOTIPES.

SUMMARY: Three punch planter prototypes for no-till corn, with different configurations and seed metering were tested and compared. The prototypes came from different sources and were obtained from previous works. They were tested in laboratory and in the field in three different areas at speeds of 1.5, 2.0 and 2.5 m.s⁻¹. Results showed that in the laboratory and in the field, Mq1 obtained the best performance. Mq2 and Mq3, in spite of presenting similar configurations, the difference in seed metering was decisive, mainly with Mq3 that only reached the best performance at speed of 1.5 m.s⁻¹.

KEYWORDS: Punch planter, Precision, No-till

INTRODUÇÃO

As recentes tentativas de utilização de cova para a deposição de sementes sem movimentar o solo, vêm sendo testadas há mais de três décadas. As semeadoras manuais conhecidas como matracas já utilizavam esse conceito no passado.

Trabalhos com semeadoras de covas têm demonstrado a viabilidade do seu uso em sistemas com semeadura direta pois respondem positivamente à precisão do espaço

¹ Trabalho financiado pela FAPESP; parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Eng. Agrônomo. Mestre em Maquinas Agrícolas, Chefe da Div. de Máquinas e Transportes, Fac. de Ciências Agrárias, Univ. Nacional de Asunción – UNA, Campus Universitario de San Lorenzo, Asunción, Paraguay. Tel.: 595-21-585606. E-mail: bonnin@rieder.net.py

³ Prof. Dr., Dpto. de Eng. Rural - ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, CEP: 13.418.900, Piracicaba - SP. E-mail: jpmolin@ciagri.usp.br

entre plantas sem oferecer problemas com a presença de palhada. O principal problema enfrentado pelos pesquisadores, sem dúvida, tem sido a deposição da semente no solo.

As primeiras tentativas de semeadoras utilizavam ponteiras mecanicamente ativadas que abrem-se dentro do solo, formando assim as covas. Outra alternativa baseava-se em uma roda de metal, na qual eram distribuídas ponteiras cônicas invertidas, responsáveis pela execução das covas no solo onde seria depositada uma única semente (JAFARI & FORNSTROM, 1972; SHAW et al., 1986). Outro conceito utilizava pinos cilíndricos para a abertura de covas no solo (HEINEMANN et al. 1973). Tais propostas apresentavam limitações de aderência e de entupimento com solo ou palhada. SHAW & KROMER (1987), propuseram a utilização de ponteiras fixas num conjunto com uma combinação de ângulos. A máquina era constituída por 12 ponteiras fixas com pequenos furos laterais distribuídos em torno de uma roda de metal, com uma inclinação vertical de 30° e um ângulo longitudinal de 10°. Esse arranjo resultava num deslocamento lateral das ponteiras, formando-se uma elipse dentro do solo, possibilitando a liberação de semente através de um furo no lado oposto ao solo deslocado. O protótipo foi equipado com um mecanismo dosador tipo colher. DEBICKI & SHAW (1996) deram continuidade a esses trabalhos. Realizaram mudanças no mecanismo dosador, adotando um sistema à vácuo e alterações tais como aumento do diâmetro da roda, redução do ângulo vertical para 15° e aumento do número de ponteiras para 15 unidades. A máquina foi submetida a vários ensaios de laboratório com a finalidade de encontrar o ponto ótimo de sincronização do mecanismo dosador e as ponteiras, visando obter uma máquina que pudesse trabalhar em diferentes sistemas de produção.

Baseado nos requerimentos da cultura de milho, MOLIN et al. (1998a) projetaram uma semeadora de cova com mecanismo dosador pneumático para semeadura direta. Consta de uma roda composta por 15 pontas, radialmente distribuída em torno de um anel metálico. As pontas, sem movimento relativo, são os elementos ativos que, ao girar da roda, penetram no solo e alojam uma semente em cada cova. As covas são moldadas pela ação de um ângulo vertical de 22° e um ângulo de 7° com o eixo longitudinal. Na continuidade MOLIN et al. (1998b), construíram um segundo protótipo com o objetivo de testar a possibilidade de variação da população de semente de milho, fazendo variar o espaçamento entre plantas. O projeto foi baseado no protótipo anterior, para o qual foram construídos três rodas, com diâmetros diferentes, fazendo variar o comprimento das ponteiras. Com isso foi possível obter um espaçamento entre pontas de 136, 165 e 210 mm.

A idéia do uso de ponteiras fixas com uma combinação de ângulos tem demonstrado ser adequada para semeadura direta. Com base nesse princípio o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de três protótipos de semeadoras rotativas de covas para semeadura direta de milho, com diferentes configurações e mecanismos dosadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Os três protótipos de semeadoras de covas foram obtidos de trabalhos anteriores e de diferentes procedências. A primeira semeadora, proposta por MOLIN et al. (1998b) e designada como Mq1, consta de uma roda composta por 15 ponteiras sem movimento relativo, radialmente distribuídas em torno de um anel metálico. As covas são moldadas

pela ação de um ângulo vertical de 22° e um ângulo de 7° com o eixo longitudinal. O protótipo é equipado com um mecanismo dosador pneumático.

Os outros protótipos originados dos trabalhos de SHAW & KROMER (1987) e designados como Mq2 e Mq3, apresentam as mesmas características técnicas, diferenciando-se no mecanismo dosador. A Mq2 é equipada com mecanismo dosador de dedos preensores e a Mq3 com um mecanismo tipo colher. As duas contam com 15 ponteiros de aço inox, parafusadas em torno de um anel metálico, com inclinação vertical de 21° e ângulo longitudinal de 8° .

A primeira etapa do trabalho visou a realização de ensaios de distribuição longitudinal de sementes em laboratório. Todas as máquinas foram submetidas a ensaios de bancada com a finalidade de obter-se informações que possibilitassem uma definição do ponto ótimo de sincronização entre o mecanismo dosador e a roda de ponteiros. Esses ensaios foram executados nas velocidades de 1,5; 2,0 e 2,5 m.s^{-1} , de forma que nos ensaios de campo fossem utilizadas apenas essas posições.

Os experimentos foram efetuados no laboratório de Implantação de Culturas do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, Estado de São Paulo. A metodologia adotada nos ensaios baseou-se na Norma ISO 7256-1 (1984).

Cada máquina apresenta características típicas de regulagem. A Mq1 permite uma ampla regulagem de posicionamento do mecanismo dosador como mostra a Figura 1, onde o ponto de lançamento da semente pode ser ajustado girando o dosador em torno de si mesmo.

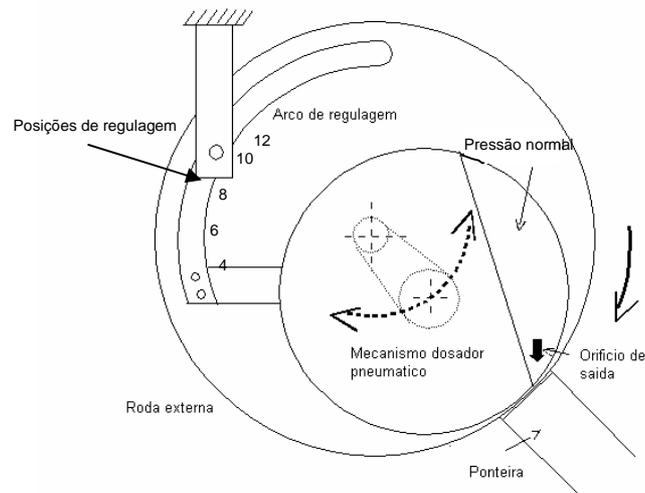


Figura 1 - Esquema do ajuste do mecanismo dosador da Mq1 (adaptado de Molin et al., 1998).

As Mq2 e Mq3 foram reguladas de forma distinta, por apresentarem mecanismos dosadores fixos, com limitações na sua regulagem. Para inverter esta situação, os ajustes foram realizados por meio das rodas que sustentam as ponteiros, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

Posteriormente ao processo de ajuste de sincronização foram realizados ensaios de campo sob condições de semeadura direta. Foram executados ensaios em três diferentes áreas experimentais. As velocidades de deslocamento das máquinas foram as mesmas utilizadas nos ensaios de bancada.

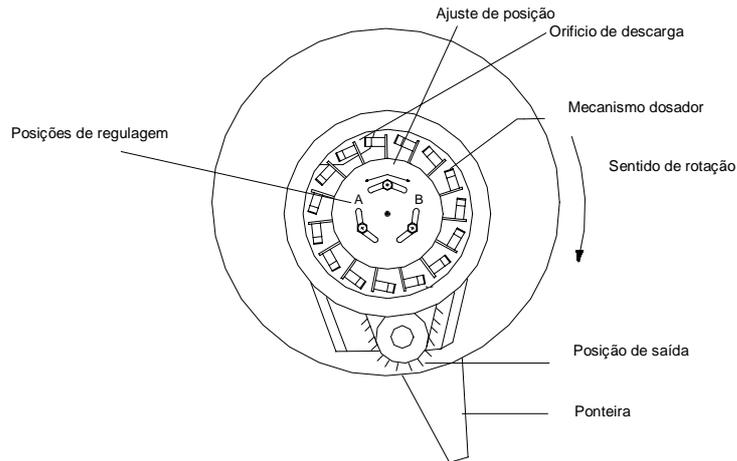


Figura 2 - Esquema do ajuste do mecanismo dosador da Mq2.

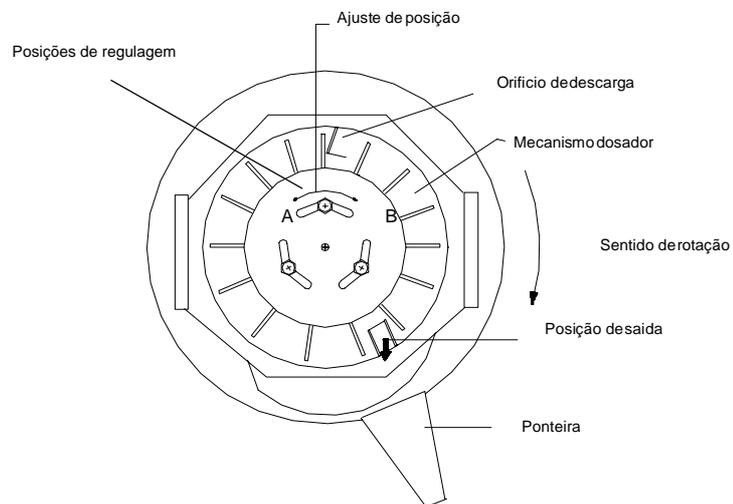


Figura 3 - Esquema do ajuste do mecanismo dosador da Mq3.

Em cada área foi caracterizada a densidade do solo através de anéis volumétricos, o teor de água do solo, a porcentagem de cobertura de solo com resíduo pelo método

descrito por LAFLEN et al. (1981) e matéria seca pelo método de pesagem de amostras. Tanto para os ensaios de laboratório como de campo foram utilizadas sementes comerciais de milho híbrido, peneira 22.

A primeira área era localizada no Campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz” da Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, SP, em um solo classificado como Terra Roxa estruturada com predominância da fração argila. No momento da semeadura, o solo estava coberto por resíduo de milheto dessecado. A segunda área foi implantada no município de Campos Novos Paulista, SP, em um solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo álico com textura média ou arenosa/média manejado em sistema de semeadura direta. Na ocasião da instalação do experimento, o solo encontrava-se coberto por resíduo de palha de milho e de soja que o antecedeu. A terceira área era localizada no município de Pirassununga, SP, num Latossolo Vermelho Escuro álico com textura média. A lavoura era coberta por resíduos de palha de milho e capim colônia dessecado. Por ocasião da instalação dos experimentos, as três áreas experimentais foram dessecadas com a aplicação de herbicida de princípio ativo Glyphosate.

Para avaliar o desempenho da regularidade longitudinal entre sementes em laboratório e entre plantas no campo, foi empregada a metodologia sugerida pela Norma ISO 7256-1, (1984). Os espaçamentos foram medidos e computados em uma planilha de cálculo. Os mesmos foram agrupados em frequências baseados no espaçamento teórico (x_{ref}). Os espaços entre sementes com intervalo entre 0,5 e 1,5 x_{ref} , foram considerados como normais; os espaços menores que 0,5 x_{ref} foram referidos como múltiplos; os intervalos maiores que 1,5 x_{ref} foram considerados falhos. Foram também analisados o coeficiente de variação e o índice de precisão, de acordo com KACHMAN & SMITH (1995).

O delineamento estatístico adotado para os ensaios de laboratório como de campo foi inteiramente ao acaso, num esquema fatorial de 3 x 3, sendo três (3) máquinas e três (3) velocidades de avanço, com quatro (4) repetições. Os parâmetros estudados foram submetidos a análise da variância e, nos casos de significância do teste “F” ao nível de 5% de probabilidade, efetuou-se a comparação das médias através do teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios preliminares de laboratórios a que foram submetidas as três máquinas visaram avaliar as possíveis posições de queda das sementes do mecanismo dosador para cada combinação de velocidade.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos ensaios de ajuste da Mq1. Observa-se que na velocidade de 1,5 m.s⁻¹, a posição número 4 apresentou menor limitação quanto à posição de queda das sementes do mecanismo dosador com as ponteiros. Para a velocidade de 2,0 m.s⁻¹, a posição com a melhor combinação de bons resultados foi a de número 6. A 2,5 m.s⁻¹ o melhor ajuste obtido foi na posição número 9.

No caso das Mq2 e Mq3, devido às limitações de regulagem que apresentam, somente foi possível selecionar duas posições além da posição original. Como as duas máquinas apresentaram as mesmas configurações, a exceção do mecanismo dosador, essas duas posições foram designadas como posições “A” e “B”.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos ensaios de ajuste para da Mq2. Pode-se observar que a melhor sincronização obtida para as três velocidades ensaiadas

foi a posição “B”. De forma geral é possível observar que os ajustes realizados na máquina deram resultado positivo no desempenho em comparação com a posição original.

Tabela 1. Resultado dos ensaios da regularidade de distribuição longitudinal de sementes em bancada de laboratório para a Mq1.

Mq1, (mecanismo dosador pneumático)						
Posição de Regulagem	Velocidade (m.s ⁻¹)	Mútiplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	C.V. (%)	Precisão (%)
4*	1,5	2,8	96,1	1,1	19,6	10,2
5		2,8	95,4	1,8	22,4	10,9
6		3,9	94,7	1,4	24,3	11,8
7		10,4	83,6	6,0	43,5	11,7
4	2,0	2,9	95,7	1,4	21,2	8,1
5		5,7	92,5	1,8	23,6	7,2
6*		2,2	96,4	1,4	18,1	7,1
7		3,9	95,0	1,1	22,8	7,1
8		2,9	94,6	2,5	24,8	7,7
9		3,2	94,6	2,2	22,4	7,1
10		2,9	94,3	2,8	32,5	8,2
4	2,5	4,3	88,2	7,5	37,1	13,0
5		1,8	93,2	5,0	25,4	9,4
6		4,3	92,1	3,6	27,9	7,9
7		2,8	93,6	3,6	27,2	12,0
8		4,6	91,5	3,9	28,5	7,6
9*		1,8	95,4	2,8	20,8	7,3
10		2,5	93,9	3,6	24,1	7,2
11		2,5	92,9	4,6	24,8	6,7
12	3,6	83,5	12,9	43,6	8,1	

* Ponto ótimo de sincronização entre o mecanismo dosador e as ponteiras.

Tabela 2. Resultado dos ensaios da regularidade de distribuição longitudinal de sementes em bancada de laboratório para a Mq2.

Mq2, (mecanismo dosador de dedos preensores)						
Posição de Regulagem	Velocidade (m.s ⁻¹)	Mútiplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	C.V. (%)	Precisão (%)
Original	1,5	2,5	77,9	19,6	47,1	13,4
A		4,3	78,9	16,8	42,5	21,3
B*		2,8	86,1	11,1	37,5	7,8
Original	2,0	10,7	56,4	32,9	60,8	16,7
A		2,1	85,0	12,9	39,3	14,6
B*		2,5	88,6	8,9	32,3	9,7
Original	2,5	11,8	54,6	33,6	74,8	23,3
A		4,3	87,8	7,9	34,5	11,3
B*		5,0	90,0	5,0	30,4	10,8

* Ponto ótimo de sincronização entre o mecanismo dosador e as ponteiras.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos ensaios de ajuste da Mq3. Observa-se que os ajustes realizados neste protótipo não resultaram em grande impacto no desempenho, sobretudo com o aumento da velocidade. Isso se deve provavelmente à deficiências do mecanismo dosador na individualização das sementes. Para a velocidade $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, o melhor ajuste foi na posição original. Para as demais velocidades, a melhor sincronização foi observada na posição “A”.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da interação entre máquinas e velocidades, onde pode-se registrar que não houve diferença significativa para os índices de múltiplos e normais em nenhuma das máquinas, embora a Mq1 tenha apresentado os melhores resultados, independente das velocidades. Já nos índices de falhas foram observadas diferenças significativas nas velocidades de $1,5$ e $2,0 \text{ m.s}^{-1}$, onde as menores médias corresponderam às Mq1 e Mq3.

Tabela 3. Resultado dos ensaios da regularidade de distribuição longitudinal de sementes em bancada de laboratório para a Mq3.

Mq3, (mecanismo dosador tipo colher)						
Posição de Regulagem	Velocidade (m.s^{-1})	Múltiplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	C.V. (%)	Precisão (%)
Original*		3,6	93,9	2,5	24,7	8,6
A	1,5	4,3	92,1	3,6	28,2	11,8
B		5,4	88,9	5,7	34,0	11,5
Original		6,4	87,1	6,4	36,2	11,7
A*	2,0	5,0	92,1	2,9	28,2	11,0
B		5,0	90,7	4,3	32,5	20,1
Original		6,1	80,0	13,9	41,0	22,2
A*	2,5	6,8	85,0	8,2	38,4	15,9
B		8,6	84,3	7,1	40,2	16,7

* Ponto ótimo de sincronização entre o mecanismo dosador e as ponteiros.

Tabela 4. Resultados dos ensaios da regularidade de distribuição longitudinal de sementes em bancada de laboratório para as três máquinas.

Máquinas	Velocidade (m.s^{-1})	Múltiplos (%)	Normais (%)	Falhas (%)	C.V. (%)	Precisão (%)
Mq1		2,8	96,1	1,1 a	19,6 a	10,2 b
Mq2	1,5	2,8	86,1	11,1 b	37,5 b	7,8 a
Mq3		3,6	93,9	2,5 a	24,7 b	8,6 ab
Mq1		2,2	96,4	1,4 a	18,1 a	7,1 a
Mq2	2,0	2,5	88,6	8,9 b	32,3 b	9,7 b
Mq3		5,0	92,1	2,9 a	28,2 ab	11,0 b
Mq1		1,8	95,4	2,8 a	20,8 a	7,3 a
Mq2	2,5	5,0	90,0	5,0 a	30,4 ab	10,8 b
Mq3		6,8	85,0	8,2 a	38,4 b	15,9 c
DMS (0,05)		0,56	3,10	0,50	6,35	1,12
Pr >F(%)		0,52	0,07	0,01	0,04	0,00

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na velocidade de 2,5 m.s⁻¹ não foi registrada diferença significativa. Com relação ao C.V., a Mq1 diferiu significativamente das demais máquinas na velocidade de 1,5 m.s⁻¹. Da mesma forma, na velocidade de 2,0 m.s⁻¹ as Mq1 e Mq3 apresentaram os menores valores de C.V. em comparação à Mq2 que só diferiu significativamente da Mq1. À velocidade mais alta as Mq1 e Mq2 apresentaram menores valores de C.V., apesar da Mq3 não ter diferido significativamente da Mq2. Com relação à precisão obtida nos ensaios de bancada, as Mq2 e Mq3 apresentaram o melhor índice, mas só a Mq2 diferiu estatisticamente da Mq1 à velocidades de 1,5 m.s⁻¹. Nas demais velocidades a Mq1 apresentou melhores índices, diferindo significativamente das demais.

De forma geral, a Mq1 apresentou seu melhor desempenho na velocidade de 2,0 m.s⁻¹. A Mq2 apresentou aumento nos índices de normais na medida em que se aumentou a sua velocidade. Seu melhor desempenho foi obtido na velocidade 2,5 m.s⁻¹. A Mq3, comportou-se de forma inversa em comparação às outras máquinas. O acréscimo da velocidade representou uma diminuição no seu desempenho em todas as variáveis analisadas. Seu melhor desempenho foi obtido na velocidade de 1,5 m.s⁻¹.

Na seqüência são apresentados os resultados dos ensaios de campo realizados nas áreas experimentais de Piracicaba, Campos Novos Paulista e Pirassununga. Na Tabela 5 são apresentadas características de cada área. Observa-se que o solo da área de Piracicaba apresentava maior densidade que as demais áreas, com umidade mais baixa. As outras áreas apresentavam condições similares, só diferenciando-se na quantidade de matéria seca, que foi menor na área de Pirassununga, como consequência de uma baixa cobertura de palha.

Tabela 5. Características das áreas experimentais.

Área Experimental	Solo			Resíduos em cobertura		
	Profundidade	Densidade	Umidade	Tipo	Matéria	Cobertura
	(m)	(g.cm ⁻³)	(%)		Seca (t.ha ⁻¹)	
Piracicaba	0,05	1,25	11	Milheto	5,9	91
	0,10	1,28	12			
Campos Novos Paulista	0,05	1,11	24	Milho	4,8	60
	0,10	1,10	28			
Pirassununga	0,05	1,14	19	Milho	2,4	44
	0,10	1,16	20			

Os resultados dos indicadores de desempenho das máquinas em cada área experimental são apresentados na Tabela 6, onde pode-se observar tendências similares no desempenho das semeadoras em comparação com os resultados observados no laboratório.

Na área experimental de Piracicaba, nenhuma diferença significativa foi observada entre os parâmetros utilizados para avaliar a precisão dos espaçamentos entre plantas. A exceção é válida para o C.V. que registrou diferença significativa na velocidade de 2,0 m.s⁻¹, onde a Mq2 apresentou a menor porcentagem, diferindo estatisticamente apenas da Mq3. Da mesma maneira, pode-se verificar que a semeadora com melhor desempenho foi a Mq1 nas três velocidades. O maior índice de normais alcançado foi de 76,8% na velocidade 2,0 m.s⁻¹, apesar dos resultados obtidos não diferirem estatisticamente dos demais.

Uma diminuição no índice de normais foi observado nas três máquinas na velocidade de 2,5 m.s⁻¹, o que refletiu em aumento dos índices de múltiplos e de falhas, prejudicando também a precisão.

Tabela 6. Resultados dos ensaios da regularidade de distribuição longitudinal de plantas das três áreas experimentais.

Máquinas	Velocidade (m.s ⁻¹)	Múltiplos (%)	Normais (%)	Falhas (%)	C.V. (%)	Precisão (%)
Área de Piracicaba						
Mq1	1,5	3,6	67,1	29,3	52,4 a	13,2
Mq2		1,4	62,5	36,1	59,4 a	18,0
Mq3		2,9	64,3	32,9	53,8 a	14,5
Mq1	2,0	4,2	69,8	26,0	42,2 ab	14,8
Mq2		1,8	67,1	31,1	47,2 a	17,3
Mq3		4,6	60,0	35,4	53,0 b	15,6
Mq1	2,5	7,2	59,6	33,2	60,5 a	16,3
Mq2		1,8	58,9	39,3	63,3 a	17,8
Mq3		8,6	55,7	35,7	64,1 a	19,4
DMS (0,05)		0,35	3,99	0,43	6,56	2,59
Pr >F(%)		0,13	0,11	0,06	0,00	0,17
Área de Campos Novos Paulista						
Mq1	1,5	6,1	77,5 ab	16,4 a	49,2	15,2
Mq2		1,8	73,6 b	24,6 b	51,6	13,9
Mq3		3,6	81,8 a	14,3 a	43,4	14,9
Mq1	2,0	1,4	86,8 a	11,7 a	37,8	11,6
Mq2		0,7	73,9 b	25,4 b	50,3	14,2
Mq3		3,9	78,9 b	17,5 a	51,9	15,1
Mq1	2,5	6,8	71,8 a	21,4 a	52,3	14,6
Mq2		2,9	69,3 a	27,9 a	62,7	14,8
Mq3		5,7	64,6 a	29,6 a	71,3	16,4
DMS (0,05)		0,35	3,16	0,39	8,56	2,91
Pr >F(%)		0,16	0,01	0,02	0,11	0,67
Área de Pirassununga						
Mq1	1,5	3,2	82,1 a	14,6 ab	44,3 a	12,1
Mq2		3,6	74,3 a	22,1 b	47,1 a	14,2
Mq3		4,6	83,2 a	12,1 a	37,7 a	14,2
Mq1	2,0	3,2	88,9 a	7,9 a	29,8 a	11,0
Mq2		3,2	77,5 b	19,3 b	45,6 b	12,3
Mq3		4,6	77,1 b	18,2 b	47,7 b	13,8
Mq1	2,5	6,4	62,8 ab	30,8 a	56,2 ab	14,2
Mq2		5,7	71,4 a	22,9 a	49,2 a	15,5
Mq3		9,6	58,9 b	31,4 a	66,3 b	19,8
DMS (0,05)		0,57	4,08	0,52	6,26	2,16
Pr >F(%)		0,61	0,00	0,00	0,00	0,33

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Para a área experimental de Campos Novos Paulista verificou-se que a Mq3 foi a que apresentou o melhor desempenho na velocidade de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, registrando uma porcentagem de 81,8% para os espaçamentos normais, apesar de diferir estatisticamente apenas da Mq2. Na velocidade de $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ a Mq1 foi a que atingiu o melhor índice de normais, obtendo-se 86,8% e diferindo significativamente das demais. Já para os índices de falhas as Mq1 e Mq3 obtiveram os valores mais baixos nas velocidades de $1,5$ e $2,0 \text{ m.s}^{-1}$, diferindo estatisticamente da Mq2.

Na velocidade mais alta é possível observar que a Mq1 apresentou a maior porcentagem de espaçamentos normais, embora não tenha diferido significativamente das demais máquinas. O mesmo pode ser observado para os espaçamentos considerados como falhos.

Na área experimental de Pirassununga, foram mantidas as tendências registradas na área de Campos Novos Paulista. Neste ensaio não foi observada diferença significativa nos índices de múltiplos em nenhuma das máquinas, embora as Mq1 e Mq3 tenham apresentado porcentagem elevada na velocidade mais alta. Já nos índices normais, a Mq3 registrou o melhor desempenho sem diferir estatisticamente das demais. Com respeito às falhas, as menores porcentagens obtidas corresponderam às Mq1 e Mq3, que diferiram significativamente da Mq2. Na velocidade de $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ a maior porcentagem de espaços normais foi obtida pela Mq1, diferindo estatisticamente das demais. O mesmo aconteceu com os índices de falhas e C.V. Na velocidade de $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ observou-se que a Mq2 apresentou o maior índice de normais, não diferindo estatisticamente da Mq1. Com relação ao C.V. foi observado o mesmo comportamento dos índices de espaços normais.

Os resultados dos ensaios de campo evidenciaram a necessidade de um melhor ajuste da posição do ponto de queda das sementes do mecanismo dosador para as ponteiros em cada combinação de velocidade. Este fato tornou-se mais evidente na Mq3 que teve seu desempenho significativamente influenciado pelo incremento da velocidade. As Mq2 e Mq3 tinham os mecanismos dosadores fixos, o que limitava uma melhor sincronização com as rodas de ponteiros.

No caso da Mq1, com respeito ao sistema de fechamento e compactação das covas, foram feitas alterações no sistema, seguindo a sugestão feita por Molin et al. (1998a), no entanto, ainda foram observadas dificuldades no fechamento das covas. Ainda, para a Mq1, pode-se sugerir, para futuros projetos, uma roda compactadora mais próxima da roda de ponteiros já que as Mq2 e Mq3 apresentaram essa configuração e mostraram ser mais apropriadas para o fechamento e compactação das covas. Da mesma forma, o desenho da roda compactadora adotado pelas Mq2 e Mq3 pareceu ser mais apropriado.

As Mq2 e Mq3 contavam com um sistema de suspensão por molas que permitiam-lhes acompanhar melhor o relevo do solo, facilitando desta forma, também, a regulagem de profundidade de semeadura. A Mq1 possuía uma estrutura fixa, a qual dificultava notadamente a regulagem de profundidade, sobretudo em superfícies irregulares. A Mq1 apresentou limitações na formação das covas em solo arenoso, já que a semente depositada era freqüentemente lançada para fora da cova. O mesmo não acontecia com as outras máquinas que tinham as ponteiros orientadas em sentido contrário ao da Mq1.

CONCLUSÕES

Tanto em condição de laboratório como de campo, independentemente das áreas experimentais, a Mq1 obteve o melhor desempenho na velocidade $2,0 \text{ m.s}^{-1}$. Para as Mq2 e Mq3, apesar de apresentarem características semelhantes, a diferença no mecanismo dosador foi decisiva no desempenho, sobretudo para a Mq3 que só atingiu o melhor desempenho na velocidade $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

AGRADECIMENTOS

Nosso reconhecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto, bem como à “University of Nebraska-Lincoln” e à Marchesan – Implementos e Máquinas Agrícolas “Tatu” S.A. pela cessão dos protótipos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEBICKI, I.W.; SHAW, L.N. Spade-punch planter for precision planting. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.39, n.4, p.1259-67, 1996.
- HEINEMANN, W.H., CARY, J.W., DILWORTH, A.E. Experimental machines for autodibble planting. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.16, n.4, p.656-9, 1973.
- INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. Sowing equipment - Test methods. Part 1: Single seed drills (precision drill). ISO 7256/1. 1984. 10p.
- JAFARI, J.V.; FORNSTROM, K.J. A precision punch planter for sugar beets. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.15, n.3, p.569-71, 1972.
- 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.379-7, 1995.
- LAFLEN, J.M; AMEMIYA, M; HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p.341-3. Nov./Dec. 1981.
- MOLIN, J.P.; BASHFORD, L.L.; VON BARGEM, K.; LEVITICUS, L.I. Design and evaluation of a punch planter for no-till systems. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.41, n.2, p.307-14, 1998a.
- MOLIN, J.P.; BASHFORD, L.L.; GRISSO, R.D.; JONES, A.J. Population rate changes and other evaluation parameters for a punch planter prototype. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.41, n.5, p.1265-70, 1998b.
- SHAW, L.N.; BRYAN, H.H.; WEST, S.H. Mechanization of vegetable production. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 187, p. 31-5, 1986.
- SHAW, L.N.; KROMER, K.H.. Revolving spade planter soil opener. St. Joseph: ASAE, 1987. 9p.(Paper 89-1504).