
DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE FERTILIZANTES POR DOSADORES DE SEMEADORAS-ADUBADORAS EM LINHAS

Gustavo José Bonotto¹, Airton dos Santos Alonço², Paulo Roberto Bedin³, Alexandre Siqueira Altmann⁴, Lauri Junior Moreira⁵

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar e comparar o desempenho de cinco mecanismos dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas, quanto a sua distribuição longitudinal, com três fertilizantes, em diferentes vazões. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram avaliados três mecanismos dosadores do tipo sem-fim, dois com sistema de regulação de fluxo e outro com descarga por gravidade, um modelo de rotor acanalado e outro do tipo disco estrela. Os fertilizantes utilizados foram uma mistura de grânulos 02-20-20, uma mistura granulada 16-16-16 e uma mistura farelada 00-15-30. As vazões utilizadas foram 6, 18 e 31 g s⁻¹. A variável resposta observada foi o coeficiente de variação das vazões observadas, considerando a razão de distribuição pré-determinada. Foi possível observar que, na média geral, considerando todos os fertilizantes e vazões, os coeficientes de variação de todos os mecanismos dosadores avaliados foram superiores a 30%, caracterizando como insatisfatório o desempenho dos modelos avaliados. O dosador sem-fim, com sistema de regulação de fluxo do tipo transbordo transversal, e o dosador de rotor acanalado, obtiveram as menores variações, seguidos pelos dosadores sem-fim de transbordo e descarga lateral, e sem-fim com descarga de fertilizante por gravidade e disco estrela.

Palavras-chave: uniformidade de vazão, máquinas agrícolas, razão de distribuição

ABSTRACT

LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF FERTILIZERS BY METERING IN LINE SEEDER-FERTILIZERS

This study sought to determine and compare the performance of five fertilizer metering mechanism in line seeder-fertilizers with respect to longitudinal distribution, utilizing three fertilizers at different flow rates. The experiments were performed at the Laboratory of Research and Development of Agricultural Machinery (LASERG) of the Federal University of Santa Maria (UFSM). The metering mechanisms evaluated included three auger-type elements, including two with flow regulation system and another with gravity discharge, one model with fluted cylinder and another with a star wheel. Three fertilizers were use, one a 02-20-20 granule mixture, another a 16-16-16 granulated mixture and one 00-15-30 blending mash. Flow rates used were 6, 18 and 31 g s⁻¹. The variable response observed was the coefficient of variation of the flows observed, considering the predetermined distribution ratio. It was observed that on average, considering all fertilizers and flows, the coefficients of variation of all metering mechanisms evaluated exceeded 30%, characterized as unsatisfactory performance of the models evaluated. The auger metering mechanism with transverse discharge flow regulation and the fluted cylinder presented the lowest variations, follow by the overflow and side discharge auger, auger with gravity discharge and the star wheel.

Keywords: flow uniformity, agricultural machinery, distribution ratio

Recebido para publicação em 16/12/2012. Aprovado em 11/04/2013.

1 - Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Eng. Agrícola, PPGEA/UFSM, Santa Maria-RS, gustavobonotto@yahoo.com.br

2 - Engenheiro Agrícola, Dr., Professor Adjunto, DER/PPGEA/UFSM, Santa Maria-RS, alonco@ccr.ufsm.br

3 - Acadêmico de Agronomia, Bolsista, LASERG/UFSM, Santa Maria-RS, paulobedin@yahoo.com.br

4 - Acadêmico de Agronomia, Bolsista, LASERG/UFSM, Santa Maria-RS, alexandre.altmann@hotmail.com

5 - Acadêmico de Engenharia Mecânica, Bolsista, LASERG/UFSM, Santa Maria-RS, laurijuniormoreira@gmail.com

INTRODUÇÃO

As máquinas agrícolas potencializam a capacidade de trabalho do homem, e é através delas que são aplicados os demais avanços tecnológicos nos sistemas de cultivo.

Segundo Flores (2008), atualmente, o desenvolvimento de máquinas agrícolas está sendo realizado com olhos na evolução global, diferentemente do passado, onde os produtos lançados eram semelhantes aos concorrentes e com pouca inovação tecnológica. Em partes, isso se deve a crescente exigência do mercado consumidor por máquinas agrícolas mais eficientes e econômicas.

As semeadoras-adubadoras, que segundo Machado *et al.* (2005), são máquinas responsáveis pela deposição de sementes e fertilizantes no solo, são um exemplo da evolução global da mecanização agrícola.

Com o advento da agricultura de precisão, a necessidade de aplicar a quantidade exata de fertilizante, no momento certo, ganhou mais ênfase. Este processo desencadeou uma série de trabalhos científicos, como os de Capelli *et al.* (2000), Menegatti (2004) e Brandt (2010), com o objetivo de desenvolver, melhorar ou avaliar dosadores de fertilizantes e controladores eletrônicos de vazão, para utilização em semeadoras-adubadoras.

Casão Junior (2006) ressalta que os mecanismos dosadores de fertilizantes, em alguns casos, podem não ser precisos, proporcionando uma distribuição irregular de fertilizantes. Segundo Garcia *et al.* (2006), superdosagens de fertilizantes são prejudiciais ao meio ambiente, e a subdosagem representa um desperdício de energia e investimento dos agricultores.

O desempenho dos dosadores de fertilizantes é afetado por diversas fontes de variação. Ferreira *et al.* (2010), avaliando dois mecanismos dosadores sem-fim constataram que as inclinações longitudinais alteraram a vazão dos dosadores avaliados, e ainda, que a variação era dependente da rotação de acionamento dos equipamentos.

Luz *et al.* (2010), afirmam que as características físicas dos fertilizantes influenciam o desempenho das máquinas adubadoras. Molin *et al.* (2009), avaliaram a segregação química e física de dois produtos aplicados pela mesma máquina, e encontraram diferentes variações para os materiais distintos.

Camacho-Tamayo *et al.* (2009), avaliando quatro mecanismos dosadores, comprovaram que determinados equipamentos são mais eficientes quando trabalhando com certos produtos, como por exemplo, os modelos sem-fim. Estes modelos são adequados para distribuição de produtos granulares em altas vazões, enquanto os de rotor acanalado são apropriados para baixas razões de distribuição.

Com base nestas informações, pode-se dizer que os dosadores de fertilizantes possuem condições em que seu desempenho é otimizado ou prejudicado, onde pode-se destacar o tipo de material a ser dosado e a velocidade de acionamento dos equipamentos.

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho de cinco mecanismos dosadores, utilizados comercialmente em semeadoras-adubadoras em linhas, quanto a sua distribuição longitudinal, com três vazões e com três tipos de fertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho, foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado pelas coordenadas 29°43'37" latitude sul e 53° 42' 44" longitude oeste, altitude média de 99,00 m, no município de Santa Maria, RS.

Os mecanismos dosadores utilizados (Figura 1) foram escolhidos por suas características construtivas diferenciadas, no intuito de se obter informações sobre os principais modelos existentes, no mercado atual, de semeadoras-adubadoras.

Os dosadores 1, 2 e 3, são do tipo sem-fim, cujo elemento transportador é um helicóide, com passo de 50,80 mm. São diferentes quanto à descarga de fertilizantes no tubo condutor, pois, os modelos 1 e 3 possuem um sistema para regulagem de fluxo, já o dosador 2 entrega o fertilizante por gravidade. O dosador 1 possui uma barreira transversal ao helicóide, sendo que o material precisa transbordar para chegar ao tubo condutor, da mesma forma que o mecanismo 3, no entanto, para este último, a barreira e a descarga são laterais.

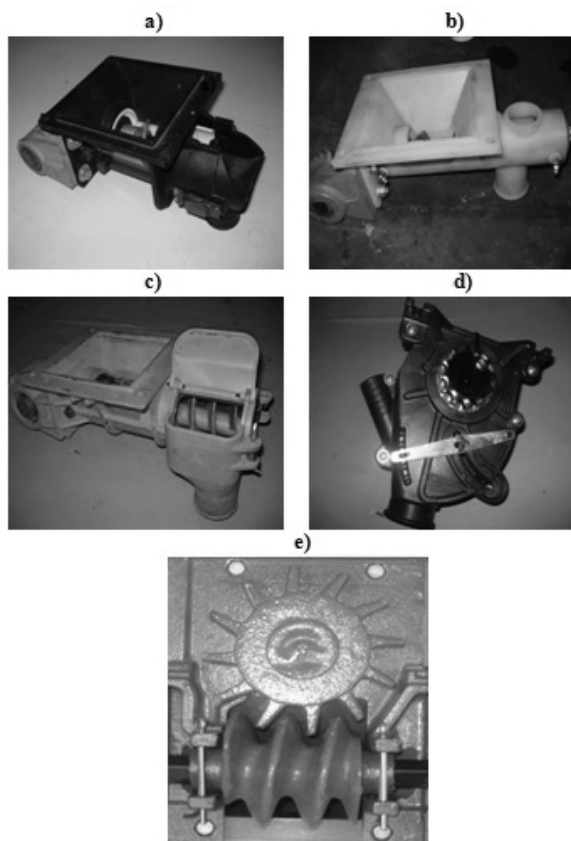
O mecanismo dosador 4 é do tipo rotor acanalado e consiste em um cilindro com ranhuras que, em contato com o produto, através do movimento de rotação, transporta o material ao tubo condutor.

O dosador 5, disco estrela, é composto por discos com aletas que, através de um movimento giratório horizontal, realiza a dosagem de fertilizantes.

Para realização dos experimentos, foi utilizada a BANFERTI II (Figura 2), bancada para ensaios de mecanismos dosadores de fertilizantes, descrita por Moreira *et al.* (2011), que proporciona o acionamento dos mecanismos dosadores em diferentes velocidades angulares e nivelamentos longitudinais e transversais.

Os experimentos foram repetidos com três fertilizantes distintos, conforme prescreve a norma ISO 5650/2 (1984), sendo uma mistura de grânulos, uma mistura granulada e uma mistura farelada, com fórmulas 02-20-20, 16-16-16 e 00-30-15, respectivamente.

As propriedades físicas dos fertilizantes, que, segundo Milan e Gadanha Junior (1996), devem ser determinadas quando é avaliada a distribuição de fertilizantes, são descritas no Quadro 1.



- a) Sem-fim com transbordo transversal;
b) Sem-fim com descarga por gravidade;
c) Sem-fim com descarga e transbordo lateral;
d) Rotor acanalado; e) Disco estrela.

Figura 1. Mecanismos dosadores de fertilizantes utilizados.

Para realização de ensaios de distribuição longitudinal de fertilizantes, a norma ISO 5690/2 (1984) recomenda que sejam utilizados coletores padronizados, com dimensões de 500 x 500 mm e profundidade mínima de 150 mm. Todavia, esta indicação refere-se ao ensaio da semeadora-adubadora, e este trabalho teve por objetivo comparar o desempenho apenas dos mecanismos dosadores, para isto, foram desenvolvidos coletores alternativos aos propostos pela norma.

Quadro 1. Propriedades físicas dos fertilizantes utilizados

Granulometria (mm)	Fertilizantes		
	02-20-20	16-16-16	00-15-30
	Porcentagem Retida Peneira ¹		
4,00	14,5	0,8	0,0
2,00	81,5	73	1,05
1,00	3,75	14	3,3
0,50	0,08	7,8	19,25
Fundo	0,17	4,4	76,4
	Propriedades Físicas		
Densidade (g mL ⁻¹)	1,04	0,85	1,24
Ângulo de Repouso (°)	30	27	21
Umidade (%)	2,21	4,82	1,30



Figura 2. BANFERTI II: Bancada para ensaios de mecanismos dosadores de fertilizantes.

Os coletores utilizados possuem 300 mm de comprimento, 250 mm de largura e altura. Estas medidas referem-se às distâncias internas, sendo acrescidas pela espessura do material. No interior da caixa coletora existem seis células de 50 mm cada. A indicação de se avaliar a quantidade de fertilizante dosada a cada 50 mm foi observada

das recomendações da NBR 9743 (1987), que trata dos ensaios das semeadoras-adubadoras de fluxo contínuo, princípio semelhante ao de distribuição dos fertilizantes.

Os mecanismos dosadores foram acoplados à bancada de ensaios, e os coletores passaram 500 mm abaixo do tubo condutor, distância recomendada pela ISO 5690/2 (1984), sobre uma esteira carpetada que simula o movimento da semeadora-adubadora, neste caso, a uma velocidade constante de $1,25 \text{ m s}^{-1}$.

Os experimentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 5×4 , onde o primeiro fator foram os mecanismos dosadores, em cinco níveis, sendo cada nível um modelo de mecanismo dosador, descritos anteriormente.

O segundo fator foram as amostras em quatro níveis, ou seja, cada caixa coletora passou quatro vezes abaixo dos mecanismos dosadores. Cada célula foi considerada uma unidade de observação, caracterizando seis repetições por tratamento.

Os experimentos foram realizados em três vazões, 6, 18 e 31 g s^{-1} , que correspondem a 96, 288 e 496 kg ha^{-1} , quando considerado um espaçamento entre linhas de 500 mm e velocidade de deslocamento de $1,25 \text{ m s}^{-1}$. Da mesma forma, os testes foram realizados com três fertilizantes, cujas características foram anteriormente descritas.

Como variável resposta, foi observada a média da dose aplicada por cada tratamento, ou seja, a massa coletada em cada célula da caixa coletora, extrapolada para valores em kg ha^{-1} , os quais foram submetidas a análise da variância, e quando houve diferença significativa, aplicado o teste de médias Skott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Também, foi estimado e avaliado o Coeficiente de Variação (CV), parâmetro indicado pela ISO 5690/2 (1984), que, segundo Banzatto e Kronka (2008), é um índice muito utilizado para avaliação da precisão de um grupo de dados e comparação da qualidade de determinado experimento. Para estimativa do CV, cada célula das caixas coletoras foi considerada como amostra, totalizando 24 repetições para estimativa deste parâmetro.

Para fins de comparação entre mecanismos dosadores, considerando todos os fertilizantes e doses, foi estimado o CV médio, utilizando para

isso todas as observações nas diferentes condições testadas.

A análise da variância e a estimativa do CV foram realizadas com auxílio do software Assistat, versão 7.6 Beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados comprovaram que existem variações na dosagem realizada pelos equipamentos avaliados em relação à distribuição longitudinal, nas diferentes condições testadas, demonstrando que a fertilização realizada por semeadoras-adubadoras pode ser irregular ao longo da linha de plantio, mesmo em nível.

No Quadro 2, pode-se observar a análise da variância dos resultados e os coeficientes de variação, obtidos pelos mecanismos dosadores avaliados, na dose regulada equivalente a 96 kg ha^{-1} .

Nesta vazão, apenas o dosador 4 não apresentou diferenças significativas entre as amostras, com os três fertilizantes. O dosador 1 não apresentou diferenças significativas quando utilizadas as misturas de grânulos e farelada. Já o Dosador 3, com o fertilizante 00-15-30, também obteve uniformidade entre as amostras.

Quanto ao CV, todos os dosadores apresentaram resultados superiores a 15%, o que pode ser considerado alto, pois, de acordo com Barnes e Furtune (2004), aplicações de fertilizante cujos coeficientes de variação forem maiores que 15% já representam prejuízos econômicos ao empreendimento agrícola.

Esta variação, em partes, é devida ao efeito de golfeamento, causado pela intermitência da dose. Casão Junior (2006) relata que os dosadores sem-fim realizam a dosagem em pulsos, causando certa desuniformidade.

Foi possível comprovar que os demais tipos de mecanismos dosadores avaliados, de rotor acanalado e disco estrela, também são influenciados pela intermitência da dose. Se observadas as amostras dos referidos dosadores, pode-se perceber que a amplitude da taxa de distribuição chega a ser superior a média de aplicação, alternância provocada pelo transporte em pulsos do material dosado.

Quadro 2. Dose de grânulos aplicada (kg ha⁻¹) pelos diferentes mecanismos dosadores avaliados, utilizando a dose equivalente a 96 kg ha⁻¹

Dosador	Amostras				Média	C.V%
	A1	A2	A3	A4		
Mistura de grânulos 02-20-20						
D1	151.53*bA	150.40 aA	93.86aA	113.33 aA	127.28 a	41.28
D2	73.60 bB	65.86 bB	127.40 aA	68.66bB	83.88 b	38.57
D3	256.33 aA	93.20 bB	128.33aB	143.33 aB	155.30 a	48.66
D4	117.86 A	95.13 bA	132.46aA	60.06 bA	101.38 b	44.26
D5	103.40 bB	150.93 aA	123.00 aB	181.06 aA	139.60 a	49.84
Média	140.546A	111.10 A	121.01 A	113.29 A		
Mistura Granulada16-16-16						
D1	178.13 aA	103.40 aB	130.33 bB	116.13 bB	132.00 b	32.90
D2	150.73 bA	83.13 aB	168.40 aA	106.73 bB	127.25 b	36.94
D3	205.93 aA	112.26 aB	166.53 aA	184.80 aA	167.38 a	28.12
D4	139.66 bA	127.80 aA	125.86 bA	102.66 bA	124.00 b	31.44
D5	51.66 cC	119.13 aB	205.46 aA	205.26 aA	145.38 b	50.79
Média	145.22 A	109.14 B	159.32 A	143.12 A		
Mistura Farelada 00-15-30						
D1	66.53 bA	103.20 bA	107.53 bA	118.93 bA	99.05 b	52.72
D2	74.26 bB	81.40 bB	236.00 aA	179.73 bA	142.85 a	56.40
D3	135.33 aA	177.60 aA	126.73 bA	158.86 bA	149.63 a	28.97
D4	142.53 aA	128.93 aA	148.53 bA	150.60 bA	142.65 a	48.04
D5	75.20 bB	71.80 bB	124.53 bB	244.3 aA	128.96 a	63.88
Média	98.77 B	112.58 B	148.66 A	170.49 A		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Skott-Knott a 5%

A1 – Amostra 1
A2 – Amostra 2
A3 – Amostra 3
A4 – Amostra 4

D1 – Dosador sem-fim com descarga por transbordo transversal
D2 – Dosador sem-fim com descarga por gravidade
D3 – Dosador sem-fim com descarga e transbordo lateral
D4 – Dosador rotor acanalado
D5 – Dosador disco estrela

Em relação à precisão de dosagem, apenas os dosadores 1, na aplicação da mistura farelada, e os modelos 2 e 4, distribuindo o fertilizante 02-20-20, tiveram a dose de aplicação média semelhante à pré-estabelecida.

Tomando por bases estas informações, pode-se afirmar que o desempenho de todos os dosadores avaliados é insatisfatório na aplicação de baixas vazões.

No Quadro 3, são apresentados os resultados de dose equivalente a 288 kg ha⁻¹.

Os dosadores 1 e 4 apresentaram diferenças significativas entre as amostras, independentemente

do tipo de fertilizante. O modelo 5 manteve a uniformidade entre as observações quando aplicadas as misturas granulada e farelada, e o equipamento 3 demonstrou uma aplicação mais homogênea utilizando a fórmula 00-15-30.

Em relação ao coeficiente de variação, o dosador 4 obteve o melhor resultado na aplicação da mistura granulada, onde seu CV foi de 16,93%. Os dosadores sem-fim 1 e 2 tiveram seu melhor desempenho com a mistura de grânulos, e, os mecanismos 3 e 5 alcançaram seus menores CV com o fertilizante farelado.

Quadro 3. Dose de grânulos aplicada (kg ha⁻¹) pelos diferentes mecanismos dosadores avaliados, utilizando a dose equivalente a 288 kg ha⁻¹

Dosador	Amostras				Média	C.V%
	A1	A2	A3	A4		
Mistura de grânulos 02-20-20						
D1	241.93 bA	245.46 bA	284.06 aA	353.46 bA	281.23 b	31,64
D2	498.60 aA	375.86 aB	414.46 aB	531.40 aA	455.08 a	25,84
D3	252.33 bB	435.80 aA	343.46 aA	180.20 cB	302.95 b	36,98
D4	347.66 bA	274.40 bA	386.33 aA	273.60 bA	320.50 b	35,46
D5	302.86 bB	301.86 bB	411.66 aA	274.73bB	322.78 b	35,64
Média	328.68 A	326.68 A	368.00 A	322.68 A		
Mistura Granulada16-16-16						
D1	242.53 bA	292.86 bA	304.26 bA	353.46 aA	298.28 b	21,78
D2	369.20 aA	460.26 aA	136.00 cB	164.06 bB	282.38b	31,20
D3	446.13 aA	181.53 cB	469.13 aA	267.46 aB	341.06 a	43,38
D4	321.26 bA	308.46 bA	307.33 bA	317.33 aA	313.60 a	16,93
D5	256.73 bA	238.40 cA	252.40 bA	305.60 aA	263.28 b	41,36
Média	327.17 A	296.30 A	293.82 A	281.58 A		
Mistura Farelada 00-15-30						
D1	239.13 bA	303.53 aA	269.33 aA	292.20 bA	276.05 b	36,50
D2	436.80 aA	342.20 aA	345.20 aA	150.60 cB	318.70 b	45,83
D3	419.73 aA	342.33 aA	287.40 aA	294.93 bA	336.10 b	26,03
D4	274.20 bA	293.60 aA	339.60aA	320.06 bA	306.86 b	36,86
D5	342.93 aA	347.93 aA	436.53 aA	475.80 aA	400.80 a	29,33
Média	342.56 A	325.92 A	335.61 A	306.72 A		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Skott-Knott a 5%

A1 – Amostra 1
A2 – Amostra 2
A3 – Amostra 3
A4 – Amostra 4

D1 – Dosador sem-fim com descarga por transbordo transversal
D2 – Dosador sem-fim com descarga por gravidade
D3 – Dosador sem-fim com descarga e transbordo lateral
D4 – Dosador rotor acanalado
D5 – Dosador disco estrela

Quanto à precisão na dose aplicada, houve maior uniformidade em relação anterior, sendo que apenas os dosadores 2, com a mistura de grânulos, 3 e 4, com a mistura farelada, e o equipamento 5, com o fertilizante farelado, apresentaram diferenças significativas entre as amostras comparadas.

Apesar disto, os CV de todos os dosadores, independentemente do fertilizante utilizado, mantiveram-se superiores a 15%, índice que pode ser considerado insatisfatório. Isto indica que há uma grande amplitude na aplicação dos equipamentos avaliados, o que provoca a elevação do CV. No

entanto, a mesma apresenta comportamento cíclico, resultando em doses próximas as pré-estabelecidas, o que pode ser comprovado pelas diferenças entre a média das amostras.

Estas afirmações concordam com os resultados apresentados por Martins (1999), que comparou um dosador sem-fim comercial com outro modificado, com diferentes fertilizantes, e constatou que há grande amplitude na dosagem destes mecanismos, com picos de altas e baixas doses equivalentes. O autor, ainda, observou que esta variação pode ser reduzida quando a rotação do helicóide é aumentada.

Quadro 4. Dose de grânulos aplicada (kg ha⁻¹) pelos diferentes mecanismos dosadores avaliados, utilizando a dose equivalente a 496 kg ha⁻¹

Dosador	Amostras					Média	C.V%
	A1	A2	A3	A4			
Mistura de grânulos 02-20-20							
D1	577.20 bA	492.73 bA	477.40 bA	574.53 aA	530.46 b	22,56	
D2	612.33 bA	736.73 aA	381.93 bB	518.93 aB	562.48 b	30,52	
D3	1055.0 aA	396.00 bC	617.40 aB	695.20 aB	690.90 a	45,45	
D4	458.20 bA	510.20 bA	442.46 bA	556.40 aA	491.81 b	24,55	
D5	731.13 bA	731.20 aA	784.73 aA	433.53 aB	670.15 a	38,25	
Média	686.77 A	573.37 B	540.78 B	555.72 B			
Mistura Granulada 16-16-16							
D1	552.13 aA	472.80 aA	590.80 aA	509.20 bA	531.23 b	19,02	
D2	656.33 aA	617.46 aA	632.73 aA	673.93 aA	645.16 a	13,58	
D3	307.66 bC	581.20 aB	407.60 aC	790.80 aA	521.81 b	44,97	
D4	523.06 aA	523.06 aA	533.00 aA	548.06 aA	531.56 b	14,34	
D5	596.66 aA	532.13 aA	586.73 aA	566.46 bA	570.50 b	41,36	
Média	527.17 A	547.32 A	553.86 A	612.50 A			
Mistura Farelada 00-15-30							
D1	463.33 ^{ns}	534.13	532.33	537.66	516.86 a	33,91	
D2	396.60	360.06	564.33	620.80	485.45 a	49,12	
D3	517.73	556.33	519.46	501.66	523.80 a	28,59	
D4	505.80	463.80	534.26	541.93	511.45 a	45,46	
D5	565.73	584.00	519.20	637.26	576.50 a	28,64	
Média	489.84 A	499.66 A	533.92 A	567.86 A			

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Skott-Knott a 5%

A1 – Amostra 1
A2 – Amostra 2
A3 – Amostra 3
A4 – Amostra 4

D1 – Dosador sem-fim com descarga por transbordo transversal
D2 – Dosador sem-fim com descarga por gravidade
D3 – Dosador sem-fim com descarga e transbordo lateral
D4 – Dosador rotor acanalado
D5 – Dosador disco estrela

Quando observados os resultados obtidos na aplicação da dose equivalente a 496 kg ha⁻¹ (Quadro 4), pode-se perceber, de uma maneira geral, uma distribuição mais uniforme, sendo que quando utilizado o fertilizante farelado não houve diferença significativa entre as amostras.

Da mesma forma, quando analisados os CV, percebe-se que os dosadores 1, 2 e 4 obtiveram seus melhores resultados nesta dose, em relação às anteriores, independentemente do fertilizante, comprovando que, para alguns dosadores, o aumento na rotação do elemento transportador, e

por consequência, na dose de aplicação, reduziu os efeitos de intermitência da dosagem, aumentando a uniformidade.

Estes resultados corroboram os encontrados por Ferreira *et al.* (2010), que avaliou a uniformidade da dose de dois modelos de dosadores sem-fim, em função de inclinações longitudinais, e concluíram que os dosadores obtiveram melhor desempenho nas maiores rotações de trabalho. No entanto, para alguns dosadores, não foi possível comprovar a mesma tendência, pois, o dosador 3 obteve variação semelhante nas duas menores doses, apresentando

decréscimo no desempenho quando aplicava maior quantidade de produto. De forma similar, o dosador 5 teve o menor CV na dose intermediária, de 288 kg ha⁻¹, sinalizando que para alguns dosadores, como no caso do tipo disco estrela e sem-fim com descarga lateral de fertilizantes, há um limite no aumento da uniformidade da dose em função da velocidade de acionamento. Baseando-se nesta informação, e considerando o desempenho insatisfatório na menor dose, pode-se inferir que, para cada dosador, existe um intervalo de rotações e, por consequência, doses cujo desempenho é otimizado.

Com tudo, com exceção dos dosadores 2 e 4, na distribuição da mistura granulada, os demais CV ficaram acima de 15%, demonstrando que o desempenho dos mecanismos dosadores avaliados foi insatisfatório, independentemente da dose utilizada.

Esta observação ratifica os resultados encontrados por Uliana *et al.* (2005) que, avaliando a distribuição longitudinal de fertilizantes por mecanismos dosadores sem-fim, semelhantes aos modelos 1 e 2, encontraram CV aproximados a 25% para o dosador com transbordo, e, 58% para o equipamento com descarga por gravidade.

Em relação ao tipo de fertilizante, quando os dados obtidos nas três doses foram analisados conjuntamente, pode-se perceber que os dosadores têm um desempenho singular a cada material, ratificando a afirmação de Silveira (1989) de que a aplicação das máquinas adubadoras é influenciada pelos fertilizantes.

Os dosadores 1, 2 e 4 obtiveram seus melhores resultados operando com fertilizantes granulados, enquanto os dosadores 3 e 5 tiveram seus menores CV com o fertilizante farelado.

Camacho-Tamayo *et al.* (2009), avaliando quatro dosadores de fertilizantes na distribuição de diferentes produtos concluíram que certos dosadores são mais adequados para aplicação de determinados produtos, sendo que os equipamentos que avaliaram, semelhantes aos modelos 3 e 5, foram melhores na aplicação de produtos com menor granulometria, e que os dosadores sem-fim possuem um melhor desempenho com produtos de maiores grânulos.

Quando comparados todos os dosadores, considerando os três fertilizantes, nas três doses,

pode-se observar que os menores CV médios são dos dosadores 1, 4, 3, 2 e 5 sendo respectivamente 32,48, 33,04, 36,31, 37,05 e 41,57%.

Os dosadores 1 e 3 são do tipo sem-fim, com um sistema de regulagem de fluxo, ou seja, uma barreira que somente permite o fertilizante ser transportado para o tubo de descarga, após transbordá-la, dando mais uniformidade à dose aplicada.

Ferreira *et al.* (2010), avaliando um modelo com sistema de transbordo e outro com descarga por gravidade em função de inclinações longitudinais, já haviam constatado a melhor eficiência destes equipamentos.

Estes dosadores são representantes de uma parcela significativa dos modelos encontrados no mercado de semeadoras-adubadoras, porém, seu resultado é semelhante ao do dosador 4 que, segundo Leindecker *et al.* (2011), são encontrados em apenas 4,11% das máquinas para semeadura.

Este tipo de mecanismo dosador, normalmente, é utilizado para dosagem de sementes miúdas em semeadoras de fluxo contínuo e múltiplas, porém, já foi apontado por diversos autores como um modelo eficiente de dosador de fertilizantes. Menegatti (2004) e Brandt (2010), que desenvolveram projetos de mecanismos dosadores de fertilizantes, optaram pelo sistema de rotor acanalado como princípio de solução para dosagem do material, por sua precisão, resposta linear da dose aplicada em função da rotação e facilidade de manutenção e limpeza.

Portella *et al.* (1998), estudando seis semeadoras-adubadoras de trigo e soja, concluíram que os melhores dosadores de fertilizantes eram do tipo sem-fim e rotor acanalado.

Em relação ao desempenho do dosador 5, disco estrela, esperava-se que o mesmo tivesse um desempenho semelhante ao rotor acanalado, pois, a distância entre os dentes transportadores também é inferior ao passo dos helicóides dos dosadores sem-fim, todavia, este modelo teve o CV médio de 41,57%, o mais alto de todos. Segundo Casão Junior (2009), este modelo foi muito utilizado até a década de 90. A atualidade do projeto pode ser uma das causas do mau desempenho do equipamento, pois o mesmo é o único construído por fundição, necessitando maiores folgas entre os sistemas de acionamento e dosagem, o que pode ter colaborado para esta alta variação.

Portella (1997) descreve este dosador como um modelo simples e robusto, que são características desejáveis a estes equipamentos. Oliveira *et al.* (2000), avaliando uma semeadora-adubadora que utilizava dosador de fertilizantes do tipo disco estrela, encontraram um CV na distribuição transversal (entre as linhas) inferior a 3%, um bom resultado para este parâmetro.

É possível encontrar trabalhos que relatam melhores desempenhos quanto a distribuição longitudinal de fertilizantes, mesmo de distribuidores centrífugos que estão expostos a diversas fontes de variação externas, como por exemplo, as condições ambientais.

Mandal e Thakur (2010), avaliando um distribuidor de fertilizantes para grandes profundidades, encontraram coeficientes de variação inferiores a 10 %. Werner *et al.* (2007), utilizando um distribuidor centrífugo para aplicações a taxas variáveis, alterando a velocidade de deslocamento, encontraram CV entre 8,78 e 12,48% no perfil de distribuição longitudinal do equipamento, ou seja, até três vezes menos do que os índices obtidos pelos dosadores em linhas.

Assim, pode-se dizer que a distribuição longitudinal de fertilizantes pelos mecanismos dosadores de fertilizantes avaliados é irregular, e, portanto, o desempenho das semeadoras-adubadoras pode ser afetado, negativamente, pela ação destes equipamentos, causando desuniformidade na fertilização das culturas.

CONCLUSÕES

- O desempenho de todos os mecanismos dosadores de fertilizantes foi considerado insatisfatório quanto à distribuição longitudinal, independentemente da dose ou tipo de fertilizante aplicado;
- Os melhores resultados foram obtidos quando se utilizaram dosadores cujos transportadores eram do tipo sem-fim, com sistema de regulação de fluxo e do modelo rotor acanalado;
- Os dosadores sem-fim, com descarga por transbordo transversal, com descarga por gravidade e o modelo com rotor acanalado, obtiveram melhores resultados com os fertilizantes granulados;

- Os dosadores sem-fim com descarga lateral e o mecanismo disco estrela apresentaram um melhor desempenho com o fertilizante farelado;
- Os dosadores sem-fim, com descarga por transbordo transversal e por gravidade, e o mecanismo de rotor acanalado, apresentaram maior uniformidade de distribuição nas maiores doses aplicadas.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9743 – Semeadora de fluxo contínuo em linha: ensaio de laboratório.** Rio de Janeiro, 1987.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola.** Jaboticabal: Funep, 2008.

BARNES, B.; FORTUNE, T. **Blending e Spreading Fertilizer- Physical Properties.** 2004. Disponível em: <http://www.fertilizer-assoc.ie/publications/Blending_Spreading_Physical_Characteristics_B_Barnes.pdf>. Acessado em 15 de fevereiro de 2012.

BRANDT, M.A. **Projeto conceitual de um dosador de fertilizante granulado.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Panambi, 2010.

CAMACHO-TAMAYO, J.H.; BARBOSA, A.M., PÉREZ, N.M., LEIVA, F.R., RODRIGUES, G.A. Operational characteristics of four metering systems for agricultural fertilizers and amendments. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.605-613, out./dez., 2009.

CAPPELLI, N.L.; UMEZU, C.K.; MARTINS, M.M. Avaliação do desempenho de um dosador helicoidal para aplicação de fertilizantes sólidos. **Engenharia Agrícola**, v.20, n.2, p.30-138, 2000.

CASÃO JÚNIOR, R. Plantadeiras - Equipamento bom é aquele bem preparado. **Revista A Granja**, 694 ed., p.32-35, 10/2006.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G. de; LLANILO, R.F. Evolução tecnológica das semeadoras de plantio direto no Brasil - Evolução dos sistemas de distribuição de sementes e fertilizante. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 114 ed., p.43-47, 2009.

FERREIRA, M.F.P., DIAS, V. de O., OLIVEIRA, A. ALONÇO, A. dos S., BAUMHARDT, U.B. Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal. **Engenharia na Agricultura**, v.18, p.297-304, 2010.

FLORES, E.F., **Análise de máquinas agrícolas distribuidoras de fertilizantes segundo requisitos projetuais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. 169p., 2008.

GARCIA, A.P., UMEZU, C.K., CAPELLI, N.L., RUSSO, E. Caracterização de um mecanismo dosador helicoidal de fertilizantes sólidos. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** João Pessoa – PB, 31 de julho a 04 de agosto de 2006.

ISO 5690/2. **Equipment for distributing fertilizers – Test methods - Part 2: Fertilizer distributors in lines**. Switzerland, 1984.

LEINDECKNER, J.A.; DAGIOS, R.F., PRADE, R., FRANCETTO, T.R.. Nível tecnológico dos mecanismos dosadores de fertilizante empregados nas semeadoras adubadoras em linha de precisão. In: XVII Seminário de Iniciação Científica, II Salão de Ensino e Extensão, Vivenciando a Integração. **Anais...** UNISC - Santa Cruz do Sul-RS, 2011.

LUZ, P.H.C.; OTTO, R., VITTI, G.C., QUINTINO, T.A., ALTRAN, W. S., IKEDA, R. **Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes**. Informações Agronômicas. n° 129, mar, 2010. Disponível em: <<http://www.ipni.net/ppiweb/Page1-13-129.pdf>>. Acessado em 15 de fevereiro de 2012.

MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V.; MORAES, M.L.B.; ALONÇO, A.S. **Máquinas para Preparo do Solo, Semeadura, Adubação e Tratamentos Culturais**. Editora UFPel: Pelotas, 2005.

MANDAL, S. ; THAKUR, T.C. Design and Development of Subsoiler-cum-Differential Rate Fertilizer Applicator. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**. Manuscript, n.1394, v.XII, 17p., março, 2010.

MARTINS, M.M. **Desenvolvimento de um dosador helicoidal visando sua utilização em equipamentos de aplicação localizada de fertilizantes sólidos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 99p., 1999.

MENEGATTI, F.A. **Desenvolvimento de um Sistema de Dosagem de Fertilizantes para Agricultura de Precisão**. 2004, 296 p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MILAN, M.; GADANHA JÚNIOR, C.D. Ensaio e certificação de máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos. In: Mialhe, L.G. (org.). **Máquinas agrícolas: Ensaio e certificação**. Piracicaba: Shekinah, p.515-550, 1996.

MOLIN, J.P.; MACHADO, T.M., MAGALHÃES, R.P., FAULIN, G.D.C.. Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.614-622, out./dez, 2009.

MOREIRA, L.J. et.al. Banferti II: bancada para testes com dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas. In: 1º Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas. **Anais...** Não-Me-Toque, RS, 12, 13 e 14 de Setembro de 2011.

OLIVEIRA, M.L. de, VIEIRA, L.B., MONTOVANI, E.C., SOUZA, C.M. de, DIAS, G.P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1455-1463, 2000.

PORTELLA, J.A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997.

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, junho, 1998.

SILVEIRA, G.M. **As Máquinas para Plantar: aplicadores, distribuidoras, semeadoras, plantadoras e cultivadoras**. 1 ed., Rio de Janeiro: Globo, 1989.

ULIANA, M.B.; FEY, E., KUNZ, G., MENSCH, R., PILTZ, J.C., SCHIMDT, A.L. Avaliação da

uniformidade de distribuição longitudinal de adubo em semeadora – adubadora utilizando rosca sem fim comum e modificada. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** Canoas-RS, 25 a 29 de julho de 2005.

WERNER, J.; SCHLOSSER, J.F., ROZIN, D., PINHEIRO, E.D., DORNELLES, M.E.C. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.11, n.6, p.658–663, 2007.