

# DESEMPENHO DE DISTRIBUIDORA A LANÇO COM DOSES VARIÁVEIS DE URÉIA

J.P. MOLIN<sup>1</sup>; L.A.A. MENEGATTI<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo desenvolver e adaptar procedimentos para avaliar o desempenho de uma adubadora a lanço com recursos para aplicação de doses variadas. Avaliou-se a qualidade da sua distribuição na faixa transversal em função da alteração da dosagem, bem como o tempo de resposta às alterações. A máquina apresenta regulagens para larguras nominais pré-determinadas. Na largura nominal de 24 m, a alteração da dose não afetou o coeficiente de variação da distribuição transversal, estando abaixo do limite estabelecido de 15%. A largura nominal de 21 m não obteve regularidade suficiente e com 18 m a máquina pode ser utilizada com ressalvas. O tempo máximo de resposta a variações nas dosagens de 50 para 100 e de 50 para 150 kg.ha<sup>-1</sup> variou de 3,2 s no aumento da dose e 6,0 s na sua diminuição.

**PALAVRAS CHAVE:** Agricultura de precisão, aplicação a lanço, aplicação em doses variadas.

## PERFORMANCE OF A FERTILIZER SPREADER WITH VRT

**SUMMARY:** A procedure was adapted for evaluating a spinner box spreader with VRT technology in three nominal swath widths at three rates applying urea. Transversal distribution uniformity as a function of application rate and time response for rate changes were evaluated. Swath width of 24 m showed the best results, with CV under 15% for all rates and the fertilizer rate did not affect the width. At 21 m swath width the CV was above the limit of 15%. At 18 m swath width the machine can be used with restriction. The maximum time for rate changes from 50 to 100 and 50 to 150 kg.ha<sup>-1</sup> was 3,2 s stepping up and 6,0 s when stepping down.

**KEYWORDS:** precision farming, variable rate technology, fertilizer spinner box.

## INTRODUÇÃO

A atividade agrícola tem se caracterizado pela utilização racional dos solos e insumos. A agricultura brasileira vem passando por alterações de alguns conceitos, entre esses a adubação a lanço, tradicionalmente utilizada em cobertura e hoje numa nova tendência em pré-plantio. Não se tem domínio ou informações confiáveis sobre a maioria das máquinas disponíveis no mercado brasileiro referentes à qualidade da aplicação realizada por esses equipamentos, bem como a sua largura efetiva de trabalho. Essa largura é determinada como função de uma regularidade mínima na dosagem, obtida a partir da sobreposição com passadas adjacentes. A determinação da largura de trabalho ou largura efetiva é definida a partir de ensaios padronizados (MOLIN & RUIZ, 1999b).

Para a realização do ensaio existem procedimentos como a norma ISO 5690/1 (ISO, 1981) e a norma ASAE S341.2 (ASAE, 1996). Ambas estabelecem as condições do ensaio, do equipamento a ser ensaiado, do produto e da metodologia para a coleta de dados. A norma ISO 5690/1 prevê coletores padronizados de 1 m de comprimento, 0,25 m de largura e profundidade mínima de 0,15 m. Prevê ainda precauções para evitar o ricochete do produto aplicado, sendo que esta proteção pode ser uma grade alveolada com dimensões do alvéolo de 0,05 x 0,05 m, cuja altura não deve ultrapassar a altura do coletor, ou uma malha quadriculada apoiada sobre os coletores. MOLIN & MAZZOTTI (2000) estudaram a influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete e concluíram que

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor Depto de Eng. Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, (0XX19) 3429.4165 – R 212, e-mail jpmolin@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo MsC, Empresário, APagri, Piracicaba, SP. E-mail laameneg@esalq.usp.br

sombrite com malha de 12,7 mm pode ser utilizado para esta finalidade. A norma proposta pela ASAE S341.2 tem o mesmo escopo, diferindo basicamente da norma ISO 5690/1 no tamanho dos coletores, que devem ter largura mínima de 0,30 m e comprimento no mínimo igual à largura, e também do aparato para evitar ricochetes, propondo apenas uma grade com células de 0,10 x 0,10 m.

MOLIN & RUIZ (1999a) trabalharam com coletores alternativos como embalagens de papelão e latas de óleo reaproveitadas e medição volumétrica de material coletado em ensaios para a determinação da largura efetiva de trabalho. Objetivando fornecer metodologia prática ao usuário obtiveram informações tão eficientes quanto àquelas obtidas com coletores padronizados pela norma ISO 5690/1.

De acordo com as normas ISO e ASAE, o procedimento utilizado para a determinação da largura efetiva de trabalho baseia-se no coeficiente de variação (CV) como uma medida da desuniformidade da dose aplicada com a sobreposição de passadas, sendo que nenhuma das normas estabelece um CV mínimo como padrão. Para o cálculo do coeficiente de variação para as diferentes larguras de trabalho simuladas, MOLIN et al. (1992) desenvolveram um programa computacional para a análise de distribuição transversal em aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço nos diferentes sistemas de percurso. De acordo com MIALHE (1996), a avaliação de uma deposição cumulativa depende do sistema de percurso adotado, sendo mais comuns o sistema de percurso contínuo e o sistema alternado. No percurso contínuo, parte da faixa de deposição do lado esquerdo recobre parte da deposição do lado direito das passadas posterior e anterior e assim alternada e sucessivamente. No sistema de percurso alternado, o lado direito de uma faixa de deposição numa passada recobre o lado direito de parte da faixa de deposição da passada anterior, o mesmo acontecendo com o lado esquerdo, sucessivamente.

COELHO et al. (1992) avaliaram o desempenho de quatro máquinas na aplicação de gesso agrícola a lanço e utilizaram CV de 15% na definição da largura efetiva de trabalho das máquinas. FULTON et al. (1999) trabalharam com uma máquina equipada com DGPS e sistema de aplicação variada, avaliando a máquina sob sistema de aplicação uniforme e variada. Para tal, montaram uma malha de 13x13 coletores e seguiram os procedimentos da norma ASAE S341.2. Os autores encontraram que o tempo de resposta do equipamento para alterações na dosagem foi de 8,2 s, considerado bom.

Com o advento das técnicas de aplicação variada de insumos, associadas aos conceitos de agricultura de precisão, novos sistemas têm sido disponibilizados no mercado. Este trabalho objetivou desenvolver e adaptar procedimentos para avaliar o desempenho de uma adubadora a lanço comercial, com recursos de doses variáveis, com relação aos efeitos da variação da dosagem na largura efetiva, regularidade da deposição transversal e tempo de resposta a doses variáveis.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os ensaios foram conduzidos nas instalações do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. A máquina ensaiada foi a adubadora a lanço marca Amazone<sup>®</sup>, modelo ZA-M Max 1500 montada no engate de três pontos de um trator Massey Ferguson<sup>®</sup> modelo 5320. A máquina é equipada com mecanismo dosador gravimétrico de abertura variável e dispositivo agitador. O mecanismo distribuidor é centrífugo de dois discos horizontais.

O controle de vazão da máquina distribuidora foi realizado pelo Sistema FieldStar<sup>®</sup> (AGCO) que equipava o trator. Na configuração do sistema, definia-se a largura nominal ajustável de trabalho da máquina, bem como o produto a ser aplicado e a máquina controlava a vazão do sistema dosador. Os ensaios foram executados com a aplicação de uréia. Para a aplicação de dose fixa, informava-se diretamente a quantidade desejada ao sistema e as correções da vazão em função de alterações da velocidade eram feitas automaticamente, de modo que a dose aplicada permanecesse constante. O equipamento permitia também aplicação em taxas variadas, a partir de mapas de aplicação. Neste caso,

o posicionamento da máquina era feito pelo DGPS modelo Land Star MK 4 – G12 L (Racal<sup>®</sup>), com sinal diferencial em tempo real via satélite, também Racal<sup>®</sup>, que fazia parte do conjunto.

Durante os dias de ensaio foram caracterizadas as condições climáticas de temperatura e umidade relativa do ar obtendo-se os dados a partir de estação meteorológica localizada próxima da área do ensaio, com leituras a cada 5 minutos. A velocidade do vento foi monitorada com um anemômetro de canecas, instalado no local. Os ensaios eram realizados quando a velocidade do vento estivesse inferior a  $2 \text{ m.s}^{-1}$  e a umidade relativa do ar abaixo de 80%. Caracterizou-se o fertilizante utilizado nos ensaios determinando sua granulometria, ângulo de repouso e densidade.

Para a coleta do material depositado foram utilizados coletores padronizados conforme a norma ISO 5690/1. Os coletores foram cobertos com sombrite emborrachado com malha de 12,7 mm. Para o ensaio de distribuição transversal os coletores foram colocados lado a lado, paralelos entre si, cobrindo toda a faixa de aplicação da máquina. Foram deixados dois espaços de 1 m para a passagem dos rodados, sendo os mesmos equivalentes a quatro coletores cada. Após a aplicação do produto, o material dos coletores foi recolhido em sacos de papel numerados, com a tara determinada e pesados em balança eletrônica com resolução de 0,01 g.

A deposição transversal foi avaliada em três vazões distintas, correspondentes a 50, 150 e 250  $\text{kg.ha}^{-1}$  de uréia e larguras efetivas nominais (LEn) de 18 e 21 m, sem repetições, bem como largura efetiva nominal de 24 m com três repetições para realização de teste de comparação de médias. As larguras nominais na máquina eram obtidas a partir de regulagem das aletas dos discos distribuidores, conforme orientação do fabricante.

A máquina foi carregada a meia carga e a altura de trabalho do equipamento em relação ao solo foi fixada em 0,80 m. A velocidade de deslocamento do conjunto foi de  $2,5 \text{ m.s}^{-1}$  na 3ª marcha (3 M reduzida) do trator e a velocidade angular de trabalho da TDP foi de 540 RPM. Uma distância de 30 m foi adotada para a estabilização do fluxo de material, da velocidade linear do trator e da velocidade angular da TDP.

O sistema de controle do equipamento exige calibrações da dosagem aplicada. Inicialmente a máquina foi calibrada para a dosagem de  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  e LEn de 18 m. Para cada variação de  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  na dose a ser aplicada, o sistema controlador (FieldStar<sup>®</sup>) requeria nova calibração. A calibração consistiu na retirada do disco distribuidor esquerdo da máquina e seu acionamento por tempo suficiente para coleta de até 10 kg de uréia. O material era pesado e o valor inserido no sistema que calculava o novo fator de calibração.

Os dados obtidos da pesagem do produto depositado nos coletores foram processados pelo programa Adulânço (MOLIN et al., 1992) atualizado para o sistema operacional corrente, para o cálculo do coeficiente de variação (CV) em função da largura efetiva simulada. A largura efetiva de trabalho (LE) foi atribuída a partir de um valor de CV pré-estabelecido de 15%, conforme COELHO et al. (1992). As médias das larguras efetivas do tratamento LEn 24 m, para três repetições em cada tratamento, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O ensaio de distribuição longitudinal teve como finalidade a determinação das características de distribuição do equipamento ao longo da linha de deslocamento da máquina, bem como a obtenção do tempo de resposta do equipamento à variação de doses do produto e à quantidade depositada. Este ensaio foi realizado na LEn de 24 m. Os coletores foram alocados a 6 m do centro da máquina (25% da LE), em duas linhas longitudinais e paralelas, na direção do movimento do trator, uma em cada lado, numa extensão de 70 metros. Para a obtenção do tempo de resposta à variação da vazão foram conduzidos ensaios com a aplicação de duas doses distintas, distribuídas em dois tratamentos: dose de  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos primeiros 20 m do percurso, passando a  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos 30 m seguintes e retornando a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos 20 m finais; dose de  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos primeiros 20 m do percurso, passando a  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos 30 m seguintes e retornando a  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  nos 20 m finais.

A variação da dosagem foi feita pelo sistema controlador (FieldStar<sup>®</sup>) com base em um mapa de prescrição, sendo que os pontos de mudança de dose tinham, conseqüentemente, o erro de posição

intrínseco do DGPS. O critério utilizado para a determinação do ponto em que a dose foi estabilizada foi estabelecido pela equação 1, com base em uma variação menor que 5% entre o valor obtido na pesagem das amostras dos coletores x e x+1 por duas vezes consecutivas, onde x é o número do coletor:

$$\text{Var} = \frac{((P(x+1)) - P_x)}{P(x+1)} * 100 \quad (1)$$

em que:

Var é a variação em % na massa de produto retido no coletor “x”

P<sub>x</sub> é o valor da massa (g) obtida no coletor “x” e

P(x+1) é o valor da massa (g) obtida no coletor (x+1).

Com a distância entre os pontos onde a dose se estabilizou e a velocidade de trabalho (2,5 m.s<sup>-1</sup>), o tempo de resposta foi calculado pela equação da velocidade (2):

$$\text{Tempo(s)} = \frac{\text{Distância(m)}}{\text{Velocidade(m/s)}} \quad (2)$$

Foi realizada a aferição para as doses de 50, 100, 150, 200, 250 kg.ha<sup>-1</sup>, pelo mesmo procedimento utilizado durante a calibração, com tempo de coleta de 60 segundos. Novamente, para cada mudança de dose maior que 100 kg.ha<sup>-1</sup> foi realizada uma nova calibração antes que a aferição propriamente dita fosse realizada. Os parâmetros de configuração do sistema foram LEn de 24 m e velocidade de aplicação de 2,5 m.s<sup>-1</sup>. O produto recolhido foi pesado e a dose aplicada foi calculada pela equação (3):

$$D = \frac{Q}{LE * v} * 10000 \quad (3)$$

em que:

D é Dosagem em kg.ha<sup>-1</sup>;

Q é vazão em kg.s<sup>-1</sup>;

LE é largura efetiva em metros e

V é velocidade em m.s<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o ensaio, a uréia apresentou umidade constante em torno de 3%. No entanto, devido à sua alta higroscopicidade, em algumas condições de umidade relativa do ar, o material apresentava-se “pastoso”, chegando a impedir a realização do ensaio. A análise granulométrica apresentou os resultados mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 – Resultados da análise granulométrica da uréia utilizada nos ensaios.

Malha (mm)	Massa retida (g)	Porcentagem (%)
3.00	33.9	3.39
2.38	135.0	13.50
2.00	213.0	21.30
1.19	520.5	52.05
1.00	24.0	2.40
0.50	63.0	6.30
Fundo	10.7	1.07
Total	1000.0	100

O diâmetro médio dos grânulos resultou em 1,52 mm e a densidade observada foi de 720 kg.m<sup>-3</sup>. O ângulo de talude da uréia foi de 34,1°. Segundo a Enciclopédia Agrícola Brasileira (1994), citada por MIALHE (1996), materiais com ângulo de repouso menor que 40 graus apresentam boas características de escoamento.

Na Figura 1 é apresentado o exemplo do resultado de uma distribuição transversal produzida pela máquina na LEn de 24 m. Também é apresentado um exemplo do resultado das simulações de LE e dos correspondentes valores de CV. A Tabela 2 resume os resultados do ensaio de distribuição transversal obtidos na largura nominal de 18 m. Com a dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup>, a distribuidora obteve CV de 16,2%, acima do limite pré-estabelecido, quando a simulação foi feita pelo sistema de percurso contínuo. Neste sistema, a largura efetiva com o CV pré-estabelecido, foi de 12,3 m. A causa deste resultado abaixo do esperado foi a deposição assimétrica de produto, ocorrendo acúmulo maior ao lado esquerdo da máquina. Pelos sistemas de sobreposição alternado esquerdo ou direito, os valores de CV estiveram abaixo do limite, com 15,0% e 11,7% respectivamente, e larguras efetivas de 18,0 e 22,3 m.

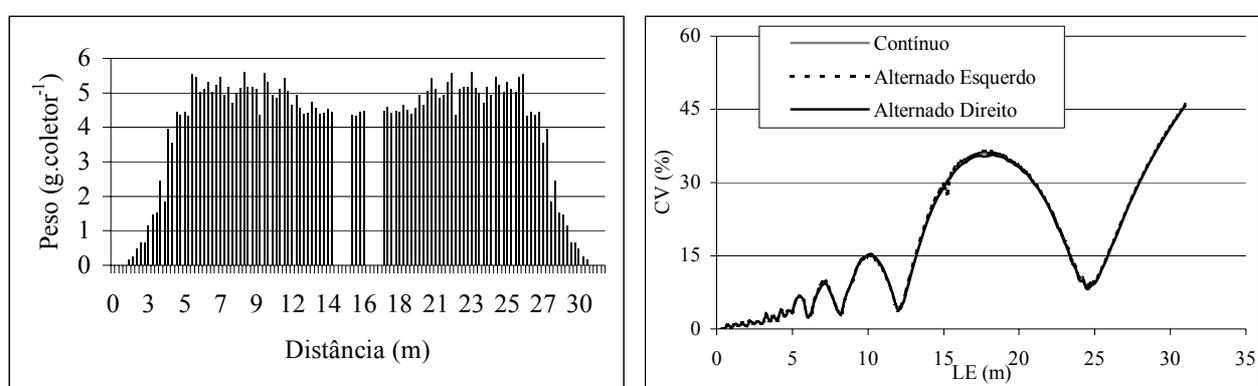


FIGURA 1 – Exemplo de deposição do produto nos coletores em g.coletor<sup>-1</sup>, no tratamento de largura nominal de 24 m, regulagem para 250 kg.ha<sup>-1</sup>, repetição 3 (esquerda) e simulação do CV em função da distância entre passadas e do sistema de percurso(direita).

TABELA 2 – Resumo dos resultados obtidos no ensaio de distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 18 m.

Sistema de percurso	50 kg.ha <sup>-1</sup>		150 kg.ha <sup>-1</sup>		250 kg.ha <sup>-1</sup>	
	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)
Contínuo	16,2	12,3	11,8	22,3	10,6	18,8
Alternado direito	11,7	22,3	12,9	22,8	14,2	18,0
Alternado esquerdo	15	18,0	10,7	21,8	7,7	19,3

<sup>1</sup>LE para CV de 15%

De modo geral, a aplicação de uréia a lança pelo sistema contínuo pode ser recomendada com a utilização da largura efetiva de 18 m, desde que seja aceito o CV de 16,2% para a dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> na LEn. Para os demais sistemas, alternado direito e alternado esquerdo, a aplicação de uréia a lança pode ser feita na largura efetiva nominal da máquina em qualquer das doses ensaiadas, sempre com CV igual ou inferior de 15%. As características de deposição obtidas pela máquina permitem que pequenos erros na sobreposição de faixas resultem em prejuízos pequenos na qualidade da aplicação, pois não há tendências de aumento abrupto do CV nas larguras de aplicação próximas da LEn.

Os resultados do tratamento com LEn de 21 m do ensaio de distribuição transversal são apresentados na Tabela 3. Para a dose de 50 kg/ha o CV na LEn excedeu o limite em todos os sistemas de aplicação.

TABELA 3 – Resumo dos resultados obtidos no ensaio de distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 21 m.

Sistema de percurso	50 kg.ha <sup>-1</sup>		150 kg.ha <sup>-1</sup>		250 kg.ha <sup>-1</sup>	
	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>1</sup> (m)
Contínuo	26,8	9,5	21,5	19,3	24,3	18,8
Alternado direito	39,8	10,8	30,9	17,5	22,0	19,0
Alternado esquerdo	17,5	20,0	14,3	21,1	25,9	18,5

<sup>1</sup>LE para CV de 15%

Na dose de 150 kg.ha<sup>-1</sup> apenas a aplicação pelo sistema alternado esquerdo possibilitou LE de 21 m, com CV de 14,3%. No entanto, pelo lado direito, o CV na LEn foi de 30,9%. Na hipótese de trabalho com aplicação de 150 kg.ha<sup>-1</sup>, nas sobreposições à esquerda, a largura de aplicação deve ser de 21,1 m e nas sobreposições à direita essa largura deve ser de 17,5 metros para a obtenção de CV de 15%. A dose de 250 kg.ha<sup>-1</sup> segue a mesma tendência de alta desuniformidade na LEn e LE abaixo de 21 m para o limite de 15% de CV. Tais resultados podem ser explicados pela variabilidade na deposição do material nos coletores. Na dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> houve dois locais de acúmulo de material, um à esquerda e outro à direita da máquina, o que prejudicou a uniformização das sobreposições. Nas doses mais altas houve grande acúmulo de material no centro da aplicação, sendo que a quantidade diminuiu rapidamente com o distanciamento do centro.

A Tabela 4 mostra o resultado do ensaio para o tratamento com largura nominal de 24 m. Para a dose de 50 kg.ha<sup>-1</sup> o CV das aplicações pelos sistemas de percurso na LEn estiveram ligeiramente acima de 15% e, no entanto, as LE para CV de 15% são muito próximas da LEn (24 m). Apenas pequenos erros de espaçamento causam pequenos prejuízos à regularidade da aplicação, sendo esta uma importante característica da máquina, que se mantém para as demais doses ensaiadas na LEn de 24 m. Na dose de 150 kg.ha<sup>-1</sup>, por qualquer sistema de aplicação, o CV na LEn obtido foi menor que o limite de 15%. Na aplicação de 250 kg.ha<sup>-1</sup> os valores de CV estiveram abaixo de 10%. A semelhança entre as larguras efetivas obtidas pelos diferentes sistemas de aplicação, independentemente da dose, indica que a deposição foi simétrica. O teste de Tukey não indicou diferenças entre a LE nas diferentes doses ao nível de 5%, sendo que a máquina pode ser operada na largura efetiva de 24 m com CV de 15% ou menor, em taxas variadas, na faixa de 50 a 250 kg.ha<sup>-1</sup>.

TABELA 4 – Resumo dos resultados obtidos no ensaio de distribuição transversal para o tratamento relativo à largura nominal de 24 m.

Sistema de percurso	50 kg.ha <sup>-1</sup>		150 kg.ha <sup>-1</sup>		250 kg.ha <sup>-1</sup>	
	CV na LEn (%)	LE <sup>2</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>2</sup> (m)	CV na LEn (%)	LE <sup>2</sup> (m)
Contínuo	16,2	23,8 a <sup>1</sup>	12,2	25,7 a	9,5	25,2 a
Alternado direito	18,9	24,9 b	12,4	25,8 b	8,9	25,3 b
Alternado esquerdo	17,7	23,9 c	14,3	25,7 c	9,6	25,2 c

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

<sup>2</sup> LE para CV de 15%

As características da deposição transversal da máquina permitem que a largura efetiva seja alterada sem que ocorram grandes variações no coeficiente de variação da aplicação. Os resultados indicam também uma tendência de menor CV na LEN com o aumento da dose, independentemente do sistema de aplicação.

O primeiro tratamento do ensaio de distribuição longitudinal, com a aplicação das doses de 50 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>, com degrau de 50 kg.ha<sup>-1</sup> apresentou a deposição mostrada na Figura 2.

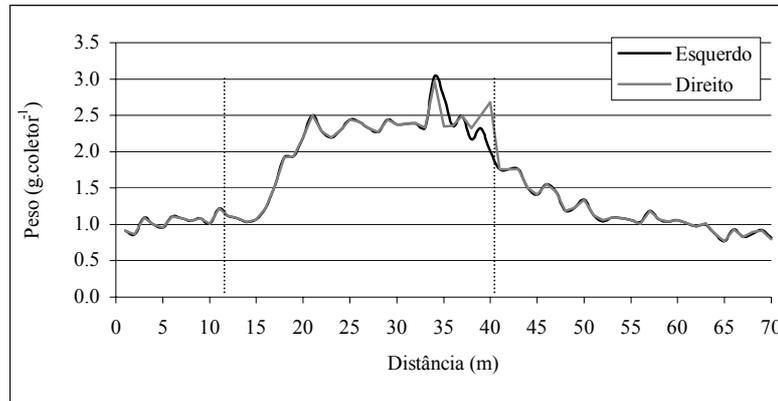


FIGURA 2 – Faixa de deposição longitudinal para o tratamento com dose inicial de 50 kg.ha<sup>-1</sup>, seguida de 100 kg.ha<sup>-1</sup> e novamente 50 kg.ha<sup>-1</sup> à direita e esquerda da máquina (as linhas pontilhadas verticais representam os pontos em que houve o comando para a mudança da dose).

A alteração da dose teve início aos 15 metros, com zona de transição de 8 m, estabilizando-se na nova dose aos 23 m, com tempo de resposta de 3,2 segundos quando medida no lado direito (Figura 2). Pelo lado esquerdo, o início foi aos 17 m e se estendeu por 7 metros, finalizando aos 24 m de percurso, em 2,8 s de tempo de resposta. O decréscimo da dose medida no lado direito da máquina teve início aos 38 m, terminando aos 53 m, estabelecendo zona de transição de 15 metros, percorridos em 6,0 segundos. Pelo lado esquerdo, a dose começou a mudança na mesma distância, porém estabilizou-se com 14 m de transição, aos 52 m de percurso, com tempo de 5,6 s.

O tratamento com doses de 50, 150 e 50 kg.ha<sup>-1</sup> apresentou os resultados ilustrados na Figura 3.

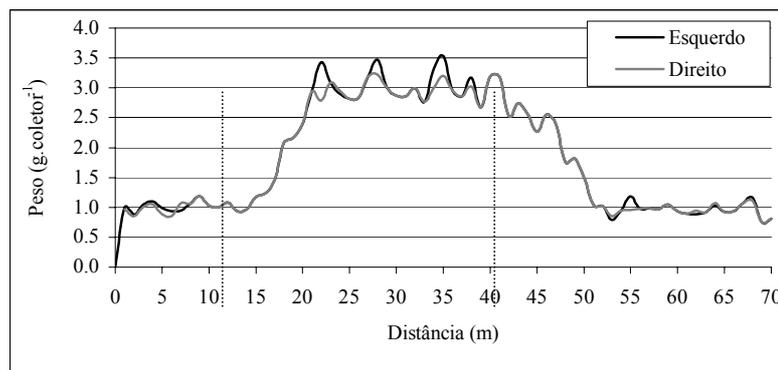


FIGURA 3 – Faixa de deposição longitudinal para o tratamento com dose inicial de 50 kg.ha<sup>-1</sup>, seguida de 150 kg.ha<sup>-1</sup> e novamente 50 kg.ha<sup>-1</sup> à direita e à esquerda da máquina (as linhas pontilhadas verticais representam os pontos em que houve o comando para a mudança da dose).

A transição de 50 para 150 kg.ha<sup>-1</sup>, medida no lado direito da máquina, começou aos 15 m e se estendeu até os 23 m, totalizando 8 metros. O tempo de resposta para a mudança de dose foi de 3,2 s. Pelo lado esquerdo, a alteração da dose teve início aos 16 m e terminou aos 24 m, com transição de 8 m percorridos em 3,2 s. No decréscimo da dose de 150 para 50 kg.ha<sup>-1</sup>, medida no lado direito da máquina, o tempo de resposta foi de 4,8 segundos, com faixa de transição de 12 m, iniciada aos 42 m e finda aos 54 m. A medida tomada do lado esquerdo da máquina teve tempo de resposta de 6,0 s, com início aos 42 m e final aos 57 m, totalizando 15 m de transição. A Tabela 5 resume os resultados obtidos no ensaio de deposição longitudinal.

TABELA 5 – Síntese dos resultados do ensaio de variação da deposição longitudinal com mudanças nas doses.

Alteração na dosagem (kg.ha <sup>-1</sup> )	Tempo de resposta (s)		Zona de transição (m)	
	Lado esquerdo	Lado direito	Lado esquerdo	Lado direito
50-100	2,8	3,2	7,0	8,0
100-50	5,6	6,0	14,0	15,0
50-150	3,2	3,2	8,0	8,0
150-50	6,0	4,8	15,0	12,0

De maneira geral, o equipamento previu a mudança das doses e iniciou as zonas de transição antes do ponto teórico de mudança e as estendeu além deste ponto, distribuindo-a igualmente antes e depois do ponto.

A Tabela 6 apresenta os resultados da aferição do mecanismo dosador da máquina, resultado da interação do seu mecanismo dosador e do sistema controlador.

TABELA 6 – Resultados obtidos no ensaio de aferição do mecanismo dosador da máquina.

Dosagem programada (kg.ha <sup>-1</sup> )	Dosagem obtida (kg.ha <sup>-1</sup> )	Erro (%)
50	36,7	-26,7
100	81,6	-18,4
150	119,1	-20,6
200	161,1	-19,5
250	202,7	-18,9

Observa-se que o mecanismo dosador da máquina mostrou grandes diferenças entre o obtido e a dosagem programada, com resultados consistentemente abaixo do programado. A diferença mínima foi de 18,4% para a dosagem de 100 kg.ha<sup>-1</sup> e a máxima foi de 26,7% para a dosagem de 50 kg.ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

Os procedimentos adotados, adaptados de normas vigentes, permitiram a obtenção de resultados consistentes.

Com base nos resultados obtidos conclui-se que a largura efetiva não foi afetada pela alteração da dose aplicada de 50 a 250 kg.ha<sup>-1</sup> na largura efetiva nominal de 24 m. Neste tratamento obteve-se os melhores resultados com valores de CV abaixo de 15%. No tratamento com largura efetiva nominal de 18 m, os resultados demonstraram que a máquina não pode ser operada em sistema de percurso contínuo sem que o CV da aplicação ultrapasse o limite pré-estabelecido de 15%. Não se recomenda a

utilização da máquina para aplicação de uréia na largura efetiva nominal de 21 m, pois os valores de CV ultrapassam o limite de 15% .

O tempo de resposta máximo da máquina à variação da dosagem aplicada foi de 3,2 s quando o degrau de mudança foi crescente e 6,0 s quando o degrau foi decrescente. No ensaio realizado, a variação do degrau de mudança na dosagem não causou alteração do tempo de resposta.

As dosagens obtidas na aferição do mecanismo dosador apresentaram-se inferiores às dosagens programadas.

## AGRADECIMENTOS

É reconhecida a colaboração dos Eng<sup>os</sup> Agrônomos Lucy Lancia Pereira, Luis Cláudio Moreira Cremonini e Marco Antonio Evangelista de Oliveira nas atividades de campo, bem como das empresas Amazone do Brasil e AGCO pela cedência da adubadora e trator, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. ASAE Standards. St. Joseph, p.3-4, 1996.
- COELHO, J.L.D.; MOLIN, J.P.; GADANHA JR, C.D.; VASARHELYI, A. Avaliação do desempenho de máquinas aplicadoras a lanço na distribuição de gesso agrícola. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 21, Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, 1, 1992, Santa Maria. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Santa Maria: SBEA, 1992. v.4, p. 2058-2103.*
- DALLMEYER, A.U. Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição centrífuga de calcário seco. 1985. 103f. Dissertação (mestrado em área de concentração de máquinas agrícolas) – Universidade Federal de Santa Maria.
- FULTON, J.P.; SHEARER, S.A.; CHABRA, G.; HIGGINS, S.F. Field evaluation of a spinner disk variable-rate fertilizer applicator. ASAE paper n.991101, Toronto, 1999.
- ISO. Metodo de ensayos de distribuidores de abono “a voleo”. 5690/1. *In: Maquinaria para Siembra y abonado Métodos de ensayo, Madri: ISO, p. 95-114, 1981.*
- MIALHE, L. G., Máquinas Agrícolas Ensaio & Certificação. Piracicaba: Ed. Shekinah, 1996, p. 722.
- MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; VASARHELYI, A. Programa computacional para análise de distribuição transversal em aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 21, Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, 1, 1992, Santa Maria. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Santa Maria: SBEA, 1992. v.4.*
- MOLIN, J.P.; MAZZOTTI, H. C. Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4,n.2, p.281, 2000.*
- MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. Validação de métodos simplificados de determinação da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos a lanço. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, 1999, Pelotas. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Pelotas: SBEA, CDrom, 1999a.*
- MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. Erro de percurso em aplicação a lanço. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 19, n.2, p. 208, 1999b.*