



**Universidade de São Paulo**

**Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI**

---

Departamento de Engenharia de Biosistemas - ESALQ/LEB

Artigos e Materiais de Revistas Científicas - ESALQ/LEB

---

2013-08-02

# TRANSVERSAL DISTRIBUTION COMPARISON OF SOLID FERTILIZERS APPLIED OVER ANNUAL CROPS

---

BIOSCIENCE JOURNAL, UBERLANDIA, v. 28, n. 4, supl., Part 3, pp. 527-536, JUL-AUG, 2012  
<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/37898>

*Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo*

# AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DE ADUBOS SÓLIDOS APLICADOS EM CULTURAS ANUAIS

## TRANSVERSAL DISTRIBUTION COMPARISON OF SOLID FERTILIZERS APPLIED OVER ANNUAL CROPS

**Fábio Henrique Rojo BAIO<sup>1</sup>; José Paulo MOLIN<sup>2</sup>; Aginaldo José Freitas LEAL<sup>1</sup>**

1. Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CPCS, Chapadão do Sul, MS, Brasil, [fabiobaio@ufms.br](mailto:fabiobaio@ufms.br) ;

2. Professor Associado, Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil.

**RESUMO:** Os distribuidores centrífugos predominam na aplicação de produtos sólidos na agricultura, por apresentarem grande capacidade de campo operacional e pela grande amplitude de dosagens que permitem aplicar. Ensaios para a caracterização do seu desempenho são realizados sem qualquer impedimento físico (como a presença de plantas), durante o trajeto parabólico de queda das partículas do fertilizante até o solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar comparativamente a distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em cobertura nas culturas de milho, soja e algodão. Foram utilizados distribuidores de adubos e corretivos do tipo centrífugo. As avaliações foram desenvolvidas de acordo com a Norma ASAE S341.3/99. Os ensaios de distribuição transversal foram constituídos em alinhar lado a lado, no campo, de forma transversal, coletores nas entrelinhas das culturas instaladas, possibilitando a pesagem do material depositado e posterior avaliação dos resultados. Pode-se concluir que a distribuição transversal de fertilizantes sólidos aplicados em cobertura e a lanço em culturas já instaladas de milho e algodão é afetada pela altura das plantas, ou seja, pelo estágio fenológico em que a cultura se encontra, interferindo diretamente na largura efetiva de aplicação. Já a distribuição transversal de fertilizantes sólidos aplicados em cobertura na cultura da soja não foi afetada pelas plantas. Assim, recomenda-se que a avaliação da largura efetiva das faixas de aplicação a lanço de fertilizantes sólidos em cobertura nas culturas de milho e algodão seja realizada no interior dessas culturas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aplicação a lanço. Deposição de adubo. Máquinas agrícolas.

### INTRODUÇÃO

A grande maioria das culturas exige uma ou mais aplicações, em cobertura, de adubos de forma a proporcionar o adequado desenvolvimento desta, e conseqüentemente, influenciando em sua produtividade. O correto uso de equipamentos denominados de distribuidores de corretivos e fertilizantes é de extrema importância para se atingir as metas de produtividade desejadas. Na busca dessas metas, os insumos são aplicados em doses determinadas para cada cultura e condição de solo, entretanto, nem sempre os equipamentos aplicadores são capazes de oferecer uma perfeita uniformidade de distribuição. Essa possibilidade de deficiência na uniformidade da distribuição por parte dos equipamentos compromete diretamente a produtividade.

Os distribuidores centrífugos são equipamentos muito comuns no mercado de máquinas agrícolas, e conseqüentemente, no parque de máquinas agrícolas brasileiro. Estes equipamentos para aplicação de produtos sólidos têm por características principais a simplicidade construtiva, a facilidade de regulagem e a alta capacidade operacional. O seu principal uso é na aplicação de produtos agrícolas para correção e adubação do solo como calcário, gesso agrícola,

adubo mineral, e na semeadura a lanço de pastagens, como a aveia, braquiária ou culturas de cobertura como milheto, nabo forrageiro ou crotalaria. A maioria utiliza disco como elemento lançador, valendo-se da força centrífuga para imprimir energia às partículas que chegarão ao solo, desenvolvendo uma trajetória balística. O mecanismo distribuidor desses equipamentos utiliza a energia gerada pela tomada de potência (TDP) do trator para imprimir energia às partículas e, conseqüentemente, lançá-las a distâncias consideráveis. Dessa forma, os produtos mais leves, como sementes, serão lançados a menores distâncias e os mais pesados, como fertilizantes, a distâncias maiores, determinando maior largura de aplicação (ORTIZ-CAÑAVATE, 2003). Em um estudo sobre a segregação das partículas causada pelos distribuidores centrífugos, Molinet al. (2009) efetuaram análises químicas dos produtos depositados em coletores dispostos transversalmente e analisaram as distribuições individuais dos elementos das fórmulas aplicadas. Os resultados evidenciam que os fertilizantes apresentaram diferenças expressivas na sua formulação ao longo da largura.

De acordo com MolineMazzotti (2000), vários fatores influem na uniformidade de aplicação de corretivos e fertilizantes em uma área como, por exemplo, o tipo de máquina utilizada (mecanismo

dosador e mecanismo distribuidor), o tipo de insumo aplicado, a velocidade de aplicação e largura útil de trabalho. De acordo com Srivastava et al. (1993), na avaliação do desempenho de um distribuidor centrífugo, um dos critérios mais importante é a uniformidade de distribuição. Para Márquez (2001), a uniformidade de distribuição de produtos sólidos é influenciada por diversos fatores, entre eles, a forma construtiva do espalhador e a sobreposição entre as passadas. A distância horizontal pela qual as partículas são lançadas é afetada pelo tamanho de partícula, densidade, forma, padronização e velocidade de rotação dos discos. Os componentes de uma mistura seca tendem a separar-se, sendo as partículas maiores e de mesma densidade projetadas mais longe. O vento afeta a distância e, conseqüentemente, o padrão de distribuição.

As principais características dos discos que afetam a distribuição dos produtos são o formato e o ângulo das aletas e o diâmetro, a rotação, a altura dos discos e o ponto de queda do fluxo sobre os discos. De acordo com Bernacki e Kanafowski (1972), quando as aletas são posicionadas alternadamente, o aumento no seu ângulo negativo de colocação diminui a largura de trabalho do distribuidor. Por outro lado, um aumento no ângulo positivo afeta a qualidade de distribuição. Para Souza (1984), um distribuidor com aletas em posição alternada, com dois valores de inclinação e posicionada com o mesmo valor, poderia impulsionar velocidades divergentes ao fertilizante. Silva (1982) verificou que a queda da rotação do disco causou uma diminuição da largura da faixa, concentrando a deposição do fertilizante nas proximidades do disco, devido à redução da velocidade tangencial e, conseqüentemente, das partículas ao abandonarem as aletas.

O método normatizado para avaliar a uniformidade da distribuição destas máquinas é sugerido por ASAE (2003). Essa norma define termos, estabelece as condições e os procedimentos de ensaio, assim como a maneira de relatar os resultados desta avaliação. Ela é semelhante à norma ISO 5.690/1, que igualmente trata de condições de ensaio, procedimentos e resultados esperados. A norma ISO 5.690/1 prevê coletores padronizados de 1,00 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 essa 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.

Para obter uniformidade de trabalho desejável de um distribuidor centrífugo, é necessário determinar o diagrama de distribuição e os valores correspondentes à largura máxima e à largura útil de trabalho (ORTIZ-CAÑAVATE et al., 1989). O coeficiente de variação (CV) é um dos parâmetros utilizados para avaliar a uniformidade de distribuição. Para Valdez (1978), um perfil de distribuição com coeficiente de variação de 33% é suficientemente uniforme, que não chega a afetar significativamente o rendimento da cultura. O autor ainda estima que valores de CV de aproximadamente 20% são satisfatórios para adubos granulados e 30% para materiais pulverulentos. Por outro lado, considera-se como grau de uniformidade de distribuição muito bom um CV até 10%, bom até 20%, regular até 33% e pobre acima de 33% (WEISS, 1986). Em acordo, Dallmayer (1985) relata que a Sociedade de Agricultura Alemã não reconhece distribuidores centrífugos que apresentam um perfil transversal com valores de CV superior a 12,5%. De acordo com Ortiz-Cañavate (2003), o critério geral para o CV satisfatório é que este não exceda 15%. Abaixo de 5% o autor considera uma distribuição muito boa, e entre 5 a 10%, boa. Segundo Primo et al. (2008), os ensaios de largura de trabalho e uniformidade de distribuição são de difícil execução para o agricultor por exigirem equipamentos, recursos e métodos complexos.

Molin e Mazzotti (2000) concluíram que a natureza física do produto influi no ricochete de partículas. Quanto maior o tamanho e, conseqüentemente, a massa da partícula, maior também a possibilidade de ricochete. No caso de ensaios com coletores plásticos utilizando-se o calcário, pode-se dispensar o uso de dispositivos para evitar ricochete. Quando se utilizou a uréia, o uso dos mesmos mostrou-se necessário.

Ensaio têm sido realizados para caracterizar o desempenho de máquinas de aplicação a lanço, dentre os quais o ensaio de uniformidade de distribuição transversal pode ser considerado um dos mais trabalhosos, demandando maior quantidade de tempo, tanto na coleta de dados quanto na análise dos resultados. Entretanto, esses ensaios são realizados em uma condição sem qualquer impedimento físico (como a presença de plantas) durante o trajeto parabólico de queda das partículas de adubo até o solo. Esta problemática envolve a possível redução da largura efetiva total das faixas de aplicação em culturas já instaladas.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar, comparativamente, a distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em cobertura nas culturas de milho, soja e algodão, observando se o

estádio fenológico da cultura influencia na largura efetiva da aplicação dos fertilizantes, visando sugerir novas recomendações para otimizar a prática de aplicações a lanço.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Campo Bom, no município de Chapadão do Sul/MS. Os experimentos foram realizados em um estágio fenológico das culturas em que normalmente ocorre a aplicação de fertilizante em cobertura e as plantas possuem porte maior do que a altura dos coletores padronizados utilizados no ensaio. Os ensaios de campo foram realizados em áreas agrícolas comerciais de soja (estádio fenológico V7), milho (estádio fenológico V7) e algodão (estádio fenológico B4), como normalmente adotado pela fazenda. Os talhões possuíam relevo plano e sem obstruções físicas para a aplicação do adubo em cobertura. O período experimental foi compreendido

entre agosto de 2009 e julho de 2010. As coletas de dados foram realizadas juntamente com as atividades mecanizadas já realizadas pelo agricultor em sua área comercial.

As avaliações foram desenvolvidas de acordo com a Norma ASAE S341.3/99 (ASAE, 2003), que estabelece os critérios para os ensaios estáticos e dinâmicos. Os ensaios foram efetivados em condições meteorológicas satisfatórias, como ausência de chuva, umidade relativa do ar inferior a 80% e velocidade máxima do vento inferior a  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  ( $7,2 \text{ kmh}^{-1}$ ).

O ensaio de distribuição transversal foi constituído em alinhar lado a lado os coletores no campo, de forma transversal, a partir das suas bordas superiores, e de modo que estes cobriram a largura total de aplicação da máquina, sendo necessário deixar espaços para a passagem do rodado do trator, os quais foram os menores possíveis e múltiplos da largura de um coletor (Figura 1).



**Figura 1.** Detalhe da disposição dos coletores (A), demonstrando as fileiras de semeadura sem coletores para a passagem do rodado do trator; e distribuição dos coletores ao longo da faixa de aplicação (B) na cultura da soja.

Foram utilizadas 50 bandejas nas culturas de soja e milho e 81 bandejas na cultura do algodão, com o eixo central transversal estando em acordo com o eixo de deslocamento do conjunto. Pelo alinhamento dado os coletores foram dispostos perpendicularmente às fileiras das culturas. Foram realizadas três repetições da distribuição no interior de cada cultura e em cada situação em condições de pátio, sem quaisquer obstáculos, nomeada de tratamento testemunho.

O material depositado nos coletores foi recolhido e acondicionado em sacos plásticos para posterior pesagem em uma balança de precisão, marca comercial Marte, modelo AS5500C, com resolução de 0,5 g. A partir desses dados foram

elaborados gráficos mostrando os perfis de distribuição transversal dos materiais e calculadas as larguras efetivas ( $L_{ef}$ ) das distribuições. O método utilizado para a sua determinação baseou-se no coeficiente de variação ( $CV\%$ ) do material depositado transversalmente em larguras simuladas a partir de diferentes sobreposições. Utilizou-se o programa Adulção 3.0 (GONÇALVES et al., 2003), por onde foi realizada a simulação de recobrimentos sucessivos com os valores obtidos da pesagem do material depositado nos coletores. Utilizou-se o compromisso entre um valor abaixo de 15% de coeficiente de variação para definir a máxima largura efetiva (ORTIZ-CAÑAVATE, 2003). Foram feitas também avaliações para as

larguras efetivas relacionadas ao coeficiente de variação igual a 20% (VALDEZ, 1978 e WEISS, 1986). O programa Adulção 3.0, utilizado para a análise da Largura Efetiva em relação ao CV(%), quantificam as variações de volume do fertilizante depositado em toda a largura da faixa de distribuição, neste caso, com a contribuição da sobreposição de passadas adjacentes, segundo o sistema de operação contínuo, que consiste na operação iniciando pelas bordas ou pelo centro do talhão e seguir “fechando” ou “abrindo” o quadro, permitindo sobreposições do lado direito com o esquerdo da deposição, minimizando possíveis desequilíbrios causados pela assimetria de deposição pela máquina (MOLIN et al., 2009).

Durante os ensaios, as máquinas foram carregadas a meia carga e a altura de trabalho do equipamento em relação ao solo foi fixada em 0,80 m. Uma distância mínima de 30 m foi adotada para a estabilização do fluxo de material antes da passagem pelos coletores.

No ensaio realizado na cultura da soja o trator utilizado foi um Ford C600, com distribuidor de fertilizantes a lança montado Stara, modelo Tornado 1300 e operando à velocidade de  $3,33 \text{ m s}^{-1}$ . O ensaio na cultura do milho foi realizado com o trator New Holland TL75E, acoplado a um distribuidor de adubo Jan, modelo Lancer Magnu 10.000 Plus, de arrasto e operando à velocidade de  $2,77 \text{ m s}^{-1}$ . No algodão o trator utilizado foi um New Holland TL80 equipado com um distribuidor montado Jan, modelo Lancer Master 1.200 e operando à velocidade de  $3,88 \text{ m s}^{-1}$ . Na soja e no milho, o fertilizante utilizado foi o cloreto de

potássio nas recomendações de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $130 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Na cultura do algodão, utilizou-se uma formulação NPK 20-0-20 na recomendação de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A umidade do fertilizante foi determinada através da relação entre massa de água sobre massa total, realizando-se a secagem das amostras deste fertilizante por 48 horas em estufa à  $105^\circ\text{C}$ . Também foi determinado o ângulo de repouso colocando-se o material, através de um funil, em um recipiente de vidro, obtendo-se então um triângulo retângulo pela deposição deste fertilizante dentro do recipiente. Os catetos foram medidos obtendo-se, a partir daí, o valor do ângulo de repouso do produto.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com dois tratamentos (distribuição na cultura e no pátio) e quatro blocos. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise da variância e pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância entre as médias dos tratamentos. Estas análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações realizadas nas diferentes culturas não são comparáveis, pois foram realizadas com culturas de portes diferentes, massa vegetal aérea diferente, como também as máquinas utilizadas eram diferentes. Assim, seus resultados foram analisados de forma independente. As condições experimentais e da cultura são apresentadas na Tabela 1.

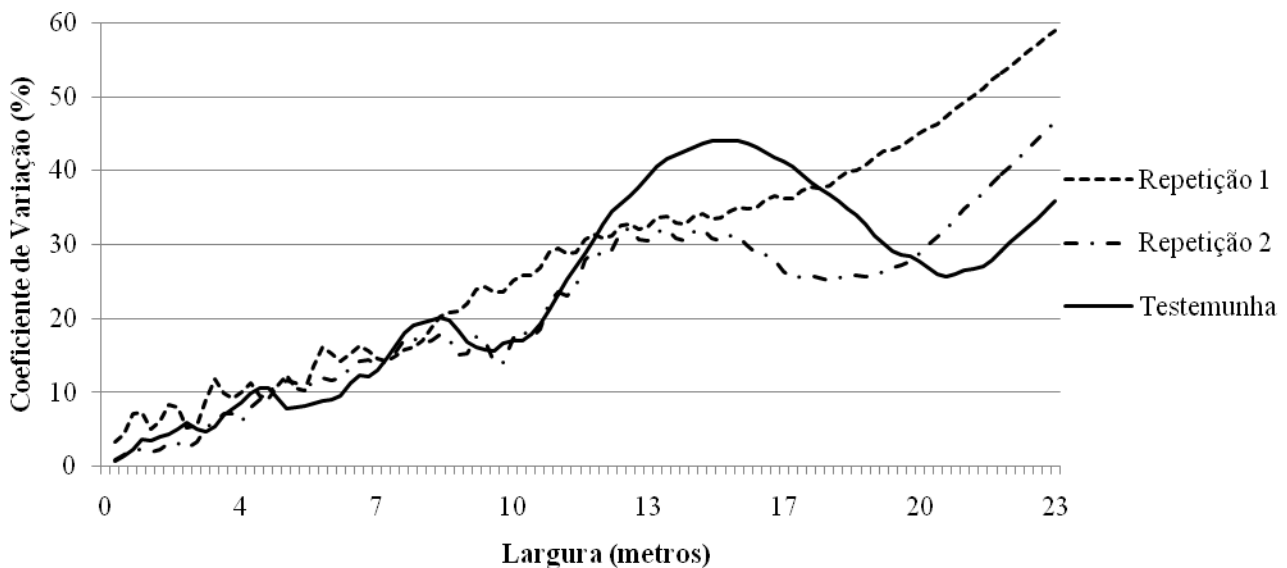
**Tabela 1.** Espaçamento da cultura (Esp) no momento da experimentação, Estádio Fenológico (Est Fen) da cultura, Altura média (Alt) da cultura, Umidade Relativa média (UR), Temperatura média (Temp) do ambiente, Velocidade média do vento (Vento), Umidade do Fertilizante (UF) e Ângulo de Repouso do Fertilizante (ARF).

Cultura	Esp (m)	EstFen	Alt (m)	UR (%)	Temp ( $^\circ\text{C}$ )	Vento ( $\text{m s}^{-1}$ )	UF (%)	ARF ( $^\circ$ )
Soja	0,45	V7	0,39	72	27	1,11	23	35,4
Milho	0,90	V6	0,91	70	29	1,38	23	35,4
Algodão	0,90	B4	0,35	62	29	0,97	42	39,3

A partir da relação CV% x largura, como ilustrado na Figura 2, foram estabelecidas as maiores larguras efetivas tomando como referência os limites máximos do CV em 15% e 20%. Então, foi realizada uma análise pela comparação entre as médias obtidas das larguras efetivas encontradas, ao nível de 5% de significância (Tabelas 2 e 3).

Como se pode observar nas Tabelas 2 e 3, não houve diferença estatística entre a largura efetiva ótima determinada para a condição de pátio

e na condição da distribuição do adubo no interior da cultura naquele estágio fenológico, tanto para o CV a 15%, quanto para 20%. Assim, a altura das plantas de soja não influenciou estatisticamente a distribuição do fertilizante. Mas, a aplicação do fertilizante foi realizada quando a cultura possuía uma altura similar a dos coletores normatizados, em função de ser o período limite para a realização da aplicação de fertilizante em cobertura nessa cultura.



**Figura 2.** Coeficientes de variação relacionados às larguras efetivas para o ensaio na cultura da soja.

**Tabela 2.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura da soja, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição de 15%.

Tratamento	Largura Efetiva (m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (soja)	8,58	9,68	11,77	10,01 a
Pátio	9,46	11,00	10,56	10,34 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 3,16 m) (CV da análise da variância em 17,20%).

**Tabela 3.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura da soja, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição de 20%.

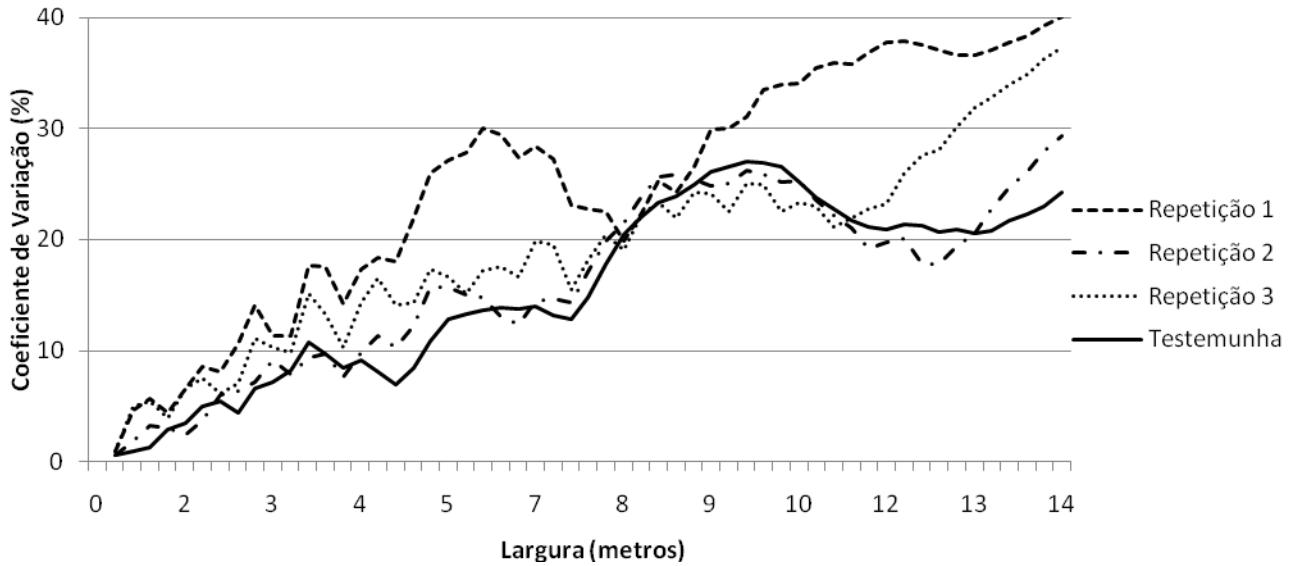
Tratamento	Largura Efetiva (m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (soja)	9,79	10,23	12,76	10,92 a
Pátio	10,78	11,22	11,22	11,07 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 3,57 m) (CV da análise da variância em 17,92%).

Após a pesagem do fertilizante distribuído entre as fileiras de milho, obtiveram-se os coeficientes de variação (CV%) para cada largura efetiva das faixas de aplicação. A partir da relação CV% x largura, como ilustrado na Figura 3, foram estabelecidas as maiores larguras efetivas tomando como referência os limites máximos do CV em 15% e 20%. Então, foi realizada uma análise pela comparação entre as médias obtidas das larguras efetivas encontradas, ao nível de 5% de significância (Tabelas 4 e 5)

Observou-se que não houve diferença estatística entre a largura ótima determinada para o pátio e largura ótima determinada para distribuição com a cultura atuando como impedimento na

projeção dos sólidos, em relação a um CV de 15% (Tabela 4). Contudo, observa-se que a largura efetiva de aplicação ficou reduzida em aproximadamente 4,0 m quando mensurada no interior da cultura, em relação a um CV de 20% (Tabela 5), sendo um valor decisivo na escolha da largura de aplicação a ser utilizada. Assim, a altura das plantas de milho influenciou na trajetória das partículas do fertilizante. A distribuição no pátio tende a ser mais uniforme, não apresentando picos elevados na distribuição entre os coletores e os picos de quantidade de adubos alocados a cada três coletores reiteram a interferência das plantas da distribuição de fertilizantes na entre linha.



**Figura 3.** Coeficientes de variação relacionados às larguras efetivas para o ensaio na cultura do milho.

**Tabela 4.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura do milho, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição em 15%.

Tratamento	Largura Efetiva(m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (milho)	5,92	7,50	7,25	6,89 a
Pátio	7,25	6,75	7,50	7,17 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 1,76 m) (CV da análise da variância em 16,50%).

**Tabela 5.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura do milho, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição em 20%.

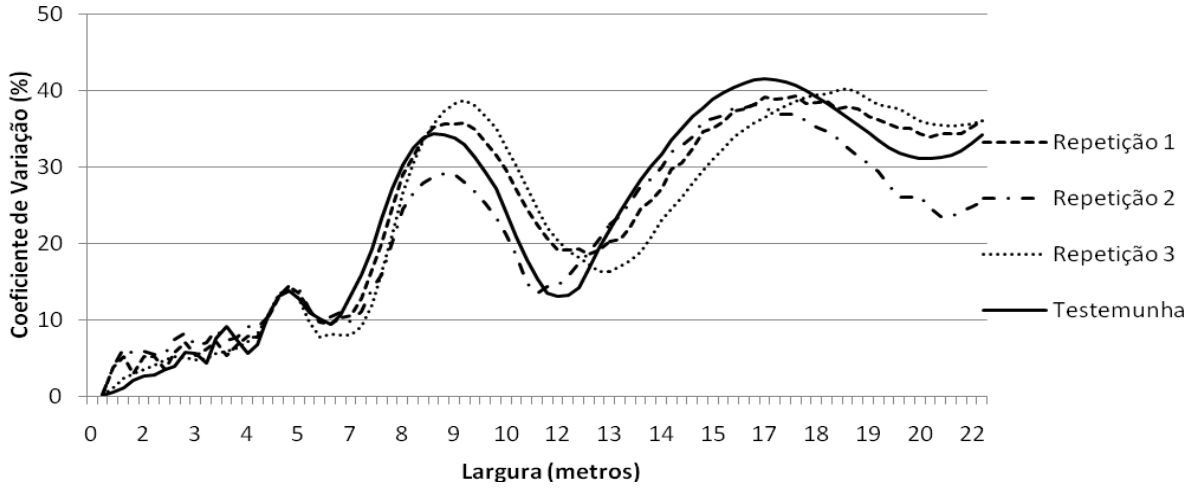
Tratamento	Largura Efetiva (m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (milho)	9,25	9,13	9,13	9,17 b
Pátio	12,75	14,00	12,75	13,17 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 0,87 m) (CV da análise da variância em 6,30%).

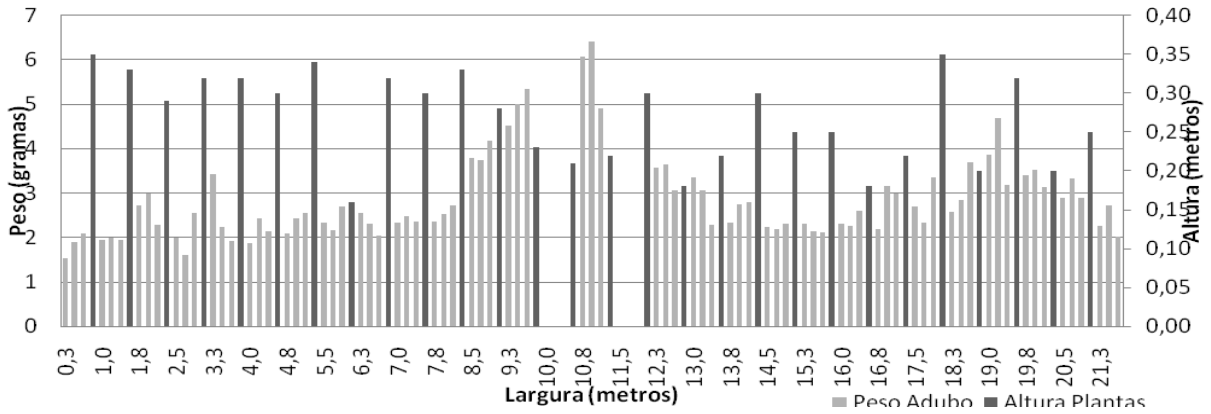
Após a pesagem do fertilizante distribuído entre as fileiras na cultura de algodão, obteve-se o resultado dos cálculos dos coeficientes de variação (CV%) para cada largura efetiva das faixas de aplicação, assim como o seu gráfico ilustrativo (Figura 4).

Observa-se na Figura 4 que há uma tendência de picos de valores em pequenas larguras. Essas variações podem ser melhor visualizadas nas Figuras 5, 6 e 7, onde intercalam-se a altura de plantas de cada fileira de cultivo com o perfil da distribuição do peso de adubo nos três coletores, e comparando-se com o perfil de distribuição de uma das repetições da testemunha quando a aplicação foi realizada na condição de pátio (Figura 8).

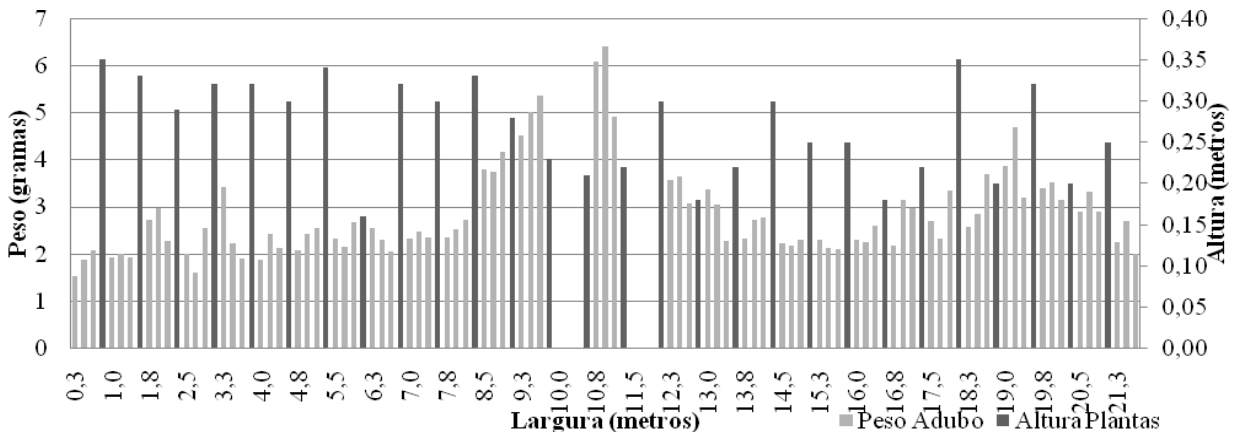
Há uma tendência de maior acúmulo de fertilizante no coletor mais externo ao centro entre cada fileira de cultivo, como também há uma tendência de menor acúmulo de fertilizante no próximo coletor, ou do outro lado da fileira de cultivo. Isso se deve ao fato das plantas atuarem como um impedimento à trajetória da partícula do fertilizante, direcionando-a para o coletor ao lado. Este fenômeno não ocorre nas fileiras de plantas mais próximas ao centro da passada do trator, explicando, portanto, o comportamento dos gráficos de CV%, em relação ao seu elevado grau de irregularidade, ou não suavidade das curvas da Figura 5.



**Figura 4.** Coeficientes de variação relacionados à largura da faixa de aplicação para as três coletas de dados indicando a melhor faixa de distribuição para o CV% desejado para a cultura do algodão utilizando o circuito contínuo.

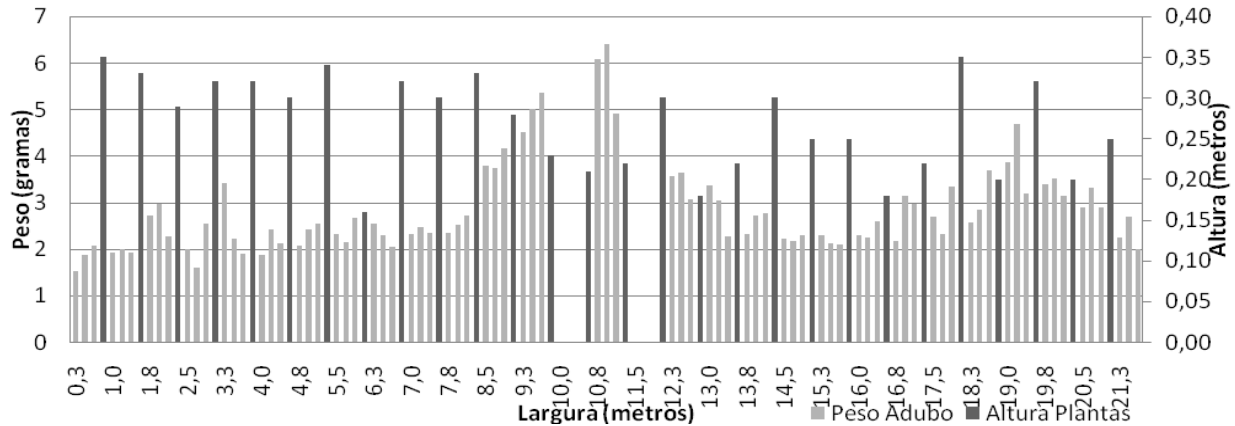


**Figura 5.** Distribuição do perfil do fertilizante em relação à altura média das plantas em cada fileira (repetição 1 - algodão).

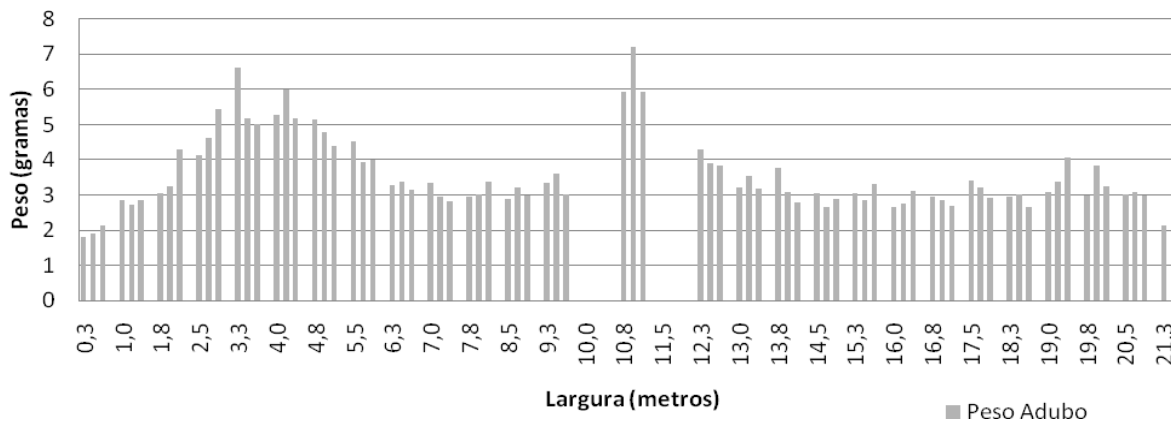


**Figura 6.** Distribuição do perfil do fertilizante em relação à altura média das plantas em cada fileira (repetição 2 - algodão).





**Figura 7.** Distribuição do perfil do fertilizante em relação à altura média das plantas em cada fileira (repetição 3 - algodão).



**Figura 8.** Perfil de distribuição do tratamento testemunha (no pátio).

A partir da relação CV% x largura, da Figura 4, foram estabelecidas as maiores larguras efetivas tomando como referência os limites máximos do CV em 15% e 20%. Então, foi

realizada uma análise pela comparação entre as médias obtidas das larguras efetivas encontradas, ao nível de 5% de significância (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 6.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura do algodão, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição em 15%.

Tratamento	Largura Efetiva (m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (algodão)	6,92	7,08	6,92	6,97 b
Pátio	12,00	12,50	11,75	12,08 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 0,33 m) (CV da análise da variância em 2,64%).

**Tabela 7.** Comparação entre as médias das larguras efetivas encontradas em condição de pátio e na cultura do algodão, utilizando um Coeficiente de Variação da sobreposição em 20%.

Tratamento	Largura Efetiva (m)			Largura Média*
	Contínuo	Alternado Direito	Alternado Esquerdo	
Cultura (algodão)	12,67	12,13	13,83	12,88 a
Pátio	12,30	13,10	12,50	12,63 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Diferença Mínima Significativa em 1,14 m) (CV da análise da variância em 5,76%).

Observou-se que não houve diferença estatística entre a largura ótima determinada para o pátio e largura ótima determinada para distribuição com a cultura do algodão, em relação a um CV de 20%. Contudo, observa-se que a largura efetiva de aplicação ficou reduzida em aproximadamente 5,0 m quando mensurada no interior da cultura, em relação a um CV de 15%. Portanto, no estágio B4 de desenvolvimento, a planta do algodoeiro atua como impedimento na projeção dos sólidos.

## CONCLUSÕES

A distribuição transversal de fertilizantes sólidos aplicados em cobertura e a lanço em culturas já instaladas de milho e algodão é afetada pela altura das plantas, ou seja, pelo estágio fenológico em que a cultura se encontra, interferindo diretamente na largura efetiva de aplicação.

Já a distribuição transversal de fertilizantes sólidos aplicados em cobertura na cultura da soja não foi afetada pelas plantas. Assim, recomenda-se que a avaliação da largura efetiva das faixas de aplicação a lanço de fertilizantes sólidos em cobertura nas culturas de milho e algodão seja realizada no interior dessas culturas.

---

**ABSTRACT:** Centrifugal spreaders dominate the application of solid materials in agriculture offering expressive operational field capacity and extended range of applied rates. Field tests for characterization of their performance are conducted without any physical obstacles (such as the presence of plants) during the parabolic trajectory of the falling particles of fertilizer to the soil. The purpose of this study was to comparatively evaluate the transverse distribution of solid fertilizers applied on cropped corn, soybeans and cotton. Evaluations of the spreaders were designed according to ASAE S341.3/99 Standard. Tests consisted in aligning side by side collectors in-between the cropped rows and weighting the material deposited. The results showed that transverse distribution of solid fertilizers applied over the cotton and corn crops is affected by the crop height, interfering directly on the effective width of the spreader application, which was not observed in the soybean crop, once the fertilizer application is done when the crop was still below the collector's height. The results suggest that evaluation of effective width of the spreaders application need to be done under real crop environment.

**KEYWORDS:** Spreaders. Fertilizer deposition. Agricultural machines.

---

## REFERÊNCIAS

ASAE. **ASAE S341.3. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders.** St Joseph: ASAE Standards, 198-201, 2003.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas.** 3.ed. Piracicaba: o autor, 2007. 307p.

BERNACKI, H.; KANAFOJSKI, C. **Agricultural machines, theory and constructions.** Poland: USDA/NSF, 1972. v. 1, p. 883.

DALLMEYER, A. U. **Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição de calcário seco.** 1985. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1985.

ISO. **ISO 5690. Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 1: full width fertilizers distributors.** Geneve: ISO Standarshandbook 13, Agricultural machinery, p. 373-385, 1982.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria para la preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización.** Madrid: Blake y Helsey, 2001. 496p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação.** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

MOLIN, J. P. et al. Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 614-622, 2009.

GONÇALVES, A. O.; MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A. A. Adulção 2.0: software para análise de distribuição transversal. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 5, n. 1, p. 42-48, 2003.

MOLIN, J. P. et al. **Adulção 3.0: montagem do teste de campo, Manual de uso passo-a-passo, Análise de resultados**. Piracicaba: USP/ESALQ. Projeto AP. 2009. 20p.

MOLIN, J. P.; MAZZOTTI, H. C. Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lança. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 281-285, 2000.

MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A. A. Desempenho de distribuidora a lança com doses variáveis de uréia. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 290-299, 2003.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación**. 6.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 528p. 2003.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNÁNZ, J. L. **Técnica de lamecanización agraria**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 654p.

PRIMO, M. A. et al. Coletores alternativos para a determinação da largura de trabalho de distribuidores de fertilizantes sólidos a lança. **Engenharia Agrícola**. v. 28, n. 3, p. 525-534, 2008.

SILVA, P. E. H. **Capacidade de trabalho e uniformidade de distribuição de dois distribuidores centrífugos de fertilizantes**. 1982. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 1982.

SOUZA, J. M. **Desempenho de um distribuidor centrífugo de disco na semeadura de arroz**. 1984. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 1984

SRIVASTAVA, A. K. et al. **Engineering principles of agricultural machines**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1993. 601p.

VALDEZ, E. Determinación y estudio de los perfiles de distribución de superfosfato, hiperfosfato y urea granulados, aplicados con la fertilizadora centrífuga. 2A-E-400. **Agrinter**, Montevideo, v. 14, n. 4, p. 1-42, 1978.

WEISS, A. **Desenvolvimento de um distribuidor helicoidal para calcário seco**. 1986. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 1986.

WERNER, V. et al. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 658-663, 2007.