

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE UM DISTRIBUIDOR
CENTRÍFUGO A TAXA VARIADA**

JHONATAN GOMES TAKARA
WELLYTTON DARCI QUEQUETO

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE UM DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO A TAXA VARIADA

JHONATAN GOMES TAKARA
WELLYTTON DARCI QUEQUETO
Engenheiros Agrícolas

Trabalho apresentado a comissão de TCC do curso de graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como requisito essencial para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. ROBERTO CARLOS ORLANDO
Co-orientador: Prof. Dr. JORGE WILSON CORTEZ

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

**UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE UM DISTRIBUIDOR
CENTRÍFUGO A TAXA VARIADA**

Por

Jhonatan Gomes Takara
Wellytton Darci Quequeto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 28/02/2014

Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Orientador – UFGD/FCA

Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Co-orientador – UFGD/FCA

Prof. Dr. Cristiano Marcio Alves de Souza
UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Grande Dourados por todo o amparo necessário, estrutura, professores e conhecimento.

Ao orientador Professor Doutor Roberto Carlos Orlando, por todo apoio, incentivo e colaboração.

Ao co-orientador Professor Doutor Jorge Cortez, pela dedicação e orientação no trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Leandro Silva de Paulo, pela prestação de serviços e apoio pela empresa Matra Tratores.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para o nosso crescimento, e nos apoiaram em todos os momentos.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
2.1 Calibração da vazão da distribuidora de calcário	7
2.2 Distribuição dos coletores.....	8
2.3 Análise dos dados	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4. CONCLUSÃO.....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

RESUMO

QUEQUETO, Wellyton Darci e TAKARA, Jhonatan Gomes, Engenheiros Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Fevereiro de 2014. **Uniformidade de aplicação de um distribuidor centrífugo a taxa variada.** Orientador: Roberto Carlos Orlando. Co-orientador: Jorge Wilson Cortez.

Os distribuidores centrífugos são máquinas de aplicação que mudaram a tecnologia de aplicação dos produtos sólidos na agricultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de um distribuidor centrífugo, equipado com sistema de aplicação a taxa variável, em função do tipo de esteira e da dose de calcário aplicado. O ensaio foi conduzido na UFGD, Dourados, MS, Brasil, em um Latossolo Vermelho distroférico. Foi utilizado o distribuidor centrífugo tracionado por um trator 4 x 2 TDA. Foi avaliada a uniformidade de aplicação para os tipos de esteiras convencional taliscada de metal, e de borracha, com sua superfície lisa, e três doses de aplicação (1500, 2000 e 2500 kg ha⁻¹), que foram alteradas em função da velocidade da esteira dosadora, totalizando seis tratamentos os quais foram aplicados em três repetições e ensaiados de forma casualizada. Para avaliar a distribuição do insumo foram utilizados coletores com dimensões de 0,5 m de comprimento x 0,4 m de largura x 0,15 m de profundidade, os quais foram revestidos com sacos plásticos, para evitar o ricocheteamento do material. Para a realização dos ensaios os coletores foram alinhados em uma superfície plana de forma transversal e longitudinal, lado a lado, sendo 20 coletores do lado direito e 20 do lado esquerdo, e 15 centrais, totalizando 55 coletores. O método utilizado para determinar a largura efetiva foi baseado no coeficiente de variação (CV%) de cada aplicação. A partir dos valores das análises foram montados perfis de distribuição do calcário. As doses aplicadas foram diferentes das doses requeridas na área, tanto para a esteira de borracha quanto para a de metal. Na menor dose aplicada (1500 kg ha⁻¹) a esteira de borracha proporcionou a maior largura de aplicação, sendo sua largura efetiva de 13 m.

Palavras-chave: distribuidor centrífugo, esteira, largura de trabalho e agricultura de precisão.

ABSTRACT

QUEQUETO, Wellyton Darci e TAKARA, Jhonatan Gomes, Agricultural Engineering, Federal University of the Grande Dourados, Fevereiro de 2014.

Uniformity of a centrifugal distributor variable rate.

Adiviser: Roberto Carlos Orlando. Co-Adiviser: Jorge Wilson Cortez.

Centrifugal distributors are implementing machines that changed the technology of application of solid agricultural products. The objective of this study was to evaluate the uniformity of a centrifugal distributor, equipped with variable rate application system, depending on the type of treadmill and of lime applied. The trial was conducted in UFGD, Dourados, MS, Brazil, in an Oxisol. The centrifugal distributor pulled by a tractor 4 x 2 TDA was used. Uniformity of application for the types of conventional treadmills metal, and rubber, with its smooth surface, and three application rates (1500, 2000 and 2500 kg ha⁻¹), which were changed depending on the speed was evaluated metering conveyor, totaling six treatments which were applied in three replicates and tested at random manner. To evaluate the distribution of the input collectors with dimensions of 0.5 m long x 0.4 m wide x 0.15 m deep, which were covered with plastic bags to prevent to rebound material, were used. For the tests the collectors were lined up on a flat surface transverse and longitudinal form, side by side, with 20 collectors on the right side and 20 on the left side, and 15 stations, totaling 55 collectors. The method used to determine the effective width was based on the coefficient of variation (CV%) of each application. From the values of analyzes of the limestone distribution profiles were assembled. The doses of the different doses were required in the area, both the rubber mat and for the metal. In the lowest dose administered (1500 kg ha⁻¹) a rubber mat provided the widest application, and its effective width of 13 m.

Keywords: centrifugal distributor, track, working width and precision agriculture.

1. INTRODUÇÃO

Pacotes tecnológicos estão sendo adotados com maior ênfase nos últimos anos, motivada pela redução nos custos dos equipamentos e pela capitalização dos produtores. Quanto a aplicação de fertilizantes e corretivos, a mesma vem ocorrendo principalmente com distribuidores a lanço. Novos projetos de distribuidores incluíram esteiras de borracha em substituição às esteiras metálicas até então utilizadas ou, esteiras de borracha aparafusadas sobre as tradicionais esteiras metálicas. Poucos trabalhos tem demonstrado a efetividade destes novos projetos quanto a capacidade de manter constante as taxas recomendadas, ou comparado os resultados dos dois modelos de esteira. A aplicação de corretivos a lanço, é a mais utilizada para correção do solo. Porém, muitos agricultores têm feito aplicações de fertilizantes fosfatados utilizando aplicadores a lanço com o objetivo de obter maior capacidade de campo na operação de semeadura. A aplicação de fertilizantes e corretivos representa grande parte do custo de produção, portanto, devemos dar grande atenção aos aplicadores.

O processo de adoção da agricultura de precisão encontra-se na fase em que o agricultor busca solucionar os principais problemas levantados em sua lavoura, por meio de mapas de produtividade, fertilidade, etc. Na solução dos impasses de fertilidade, a aplicação de fertilizantes a taxa variável é, hoje, uma necessidade, razão porque se desenvolvem tecnologias para aplicações em taxa variada atuando-se diretamente sobre as variações espaciais e temporais; para isto, são montados dispositivos em máquinas de aplicação que comandam as decisões de variação da aplicação, processando os dados dos sensores (TDP, velocidade, posição no campo etc.) e os dados inseridos pelo usuário aplicando-se, portanto, a dose necessária (WERNER, 2007).

Segundo Mialhe (1996), as máquinas de aplicações a lanço são constituídas basicamente por um chassi, reservatório e mecanismos dosadores e distribuidores do produto. Estes últimos são os principais mecanismos dos distribuidores a lanço, pois têm a função de dosar e distribuir a quantidade pré-selecionada do produto aplicado.

Para Balastreire (1987), os distribuidores centrífugos se caracterizam por apresentarem um ou dois rotores constituídos ou não de aletas fixas para o lançamento dos insumos.

As máquinas de aplicação centrífuga são equipamentos que revolucionaram a tecnologia de aplicação de produtos sólidos na agricultura por suas características de simplicidade construtiva, facilidade de regulagem e alta capacidade operacional. O seu principal uso é na aplicação de produtos agrícolas de correção e adubação do solo como calcário, gesso agrícola, adubo mineral, uréia e na semeadura a lanço de pastagens como da aveia e azevém (FARRET et al. 2008).

As máquinas para adubação a lanço, podem ser utilizadas antes da semeadura ou em cobertura, sendo capaz de distribuir em campo o insumo existente em um reservatório, com capacidade variável, conforme modelo, pelo transporte de uma esteira, em sua base, até os discos giratórios, com aletas distribuidoras (SILVEIRA, 2001; MANJI, 2012).

Segundo Teixeira et. al (2009) as distribuidoras a lanço requerem uma regulagem da uniformidade de distribuição, por meio de ensaio prévio, em que pode se obter a melhor calibração, com o intuito de minimizar os problemas de sobreposição ou faixas sem aplicação. Os ensaios podem ser realizados durante aplicação pelos produtores ou pelos fabricantes. Estes realizam ensaios para garantirem a funcionalidade do sistema, considerando a distribuição regular na dosagem desejada, para isso determina-se a vazão correta e caracteriza-se a faixa transversal e longitudinal da aplicação (PORTELLA e BATISTA, 2012; MOLIN e RUIZ, 1999).

Considerado um dos mais trabalhosos, demandando maior tempo, tanto na coleta de dados quanto na análise dos resultados, este ensaio é realizado com a disposição no campo de vários coletores padronizados, que se destinam a recolher o produto distribuído naquela área. As quantidades obtidas em cada coletor são pesadas, obtendo-se assim a curva de distribuição transversal do produto. Essa informação é utilizada na determinação da largura de trabalho da máquina para a condição de trabalho. (MOLIN et al.,2000).

Milan e Gadanha Junior (1996) citados por Molin e Mazzotti (1999) ressaltam a importância do uso de dispositivos para evitar o ricochete de partículas durante a execução dos ensaios de caracterização da distribuição transversal. Esses

dispositivos absorvem a energia cinética da partícula e fazem com que a mesma não caia em coletor adjacente, o que comprometeria as análises.

O coeficiente de variação (CV%) é um parâmetro muito utilizado para medir disparidades em dados. É calculado como sendo o valor do desvio padrão dividido pela média dos valores coletados. Assim sendo, nos mostra qual a variação na quantidade de produto acumulada dentro de cada largura que se está simulando. Dessa forma, quanto maior for o valor do CV%, maior será a variação na quantidade do produto acumulado nos coletores após as devidas sobreposições em função da largura de trabalho simulada ou assumida.

Conforme Hachuy (2008), a largura efetiva baseia-se no coeficiente de variação (CV) relacionado ao produto depositado dentro das bandejas coletoras, dispostas transversalmente a linha de deslocamento da máquina.

Para evitar as condições adversas do ensaio, a umidade relativa não pode estar acima de 80% e a velocidade do vento não deverá exceder a 2 ms^{-1} ou $7,2 \text{ km h}^{-1}$, portanto evitando a deriva do produto (PORTELLA e BATISTA, 2012; MANJI, 2012). Além da declividade da área não ser superior a 2%.

A solução para controle dos insumos aplicados a lanço adotados é o controle da velocidade da esteira dosadora, por meio de um motor hidráulico e um comando eletrônico para controlar a vazão do óleo, através de uma válvula com solenoide (MOLIN, 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de aplicação de um distribuidor centrifugo, equipado com sistema de aplicação a taxa variável, em função do tipo de esteira e da dose de calcário aplicado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório de máquinas e mecanização agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) e o ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), que se situa as coordenadas geodésicas Latitude 22°14'S, Longitude 54°49'W e altitude de 458m, durante o mês de janeiro de 2014. O clima da região é classificado como Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) por Köppen. E o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, conforme EMBRAPA (2006). O ensaio foi realizado em uma área horizontal e plana.

Foi utilizado o distribuidor centrífugo da marca ASSUS, modelo DFH 6000, que é composto por chassi, depósito, rodado, mecanismo de acoplamento, mecanismo de acionamento, esteira, dosador volumétrico com área máxima de abertura de 0,16 m², com altura máxima de 0,2 m com uma largura de 0,8 m, responsável pelo fluxo de produto do depósito para o distribuidor centrífugo. O distribuidor é caracterizado pelo lançamento radial do fertilizante, utilizando dois discos com rotores horizontais, que possui aletas dispostas radialmente, podendo ou não ser fixas. Os discos possuem diâmetro de 0,6 m, com quatro aletas cada que giram em sentidos opostos ocasionando uma força centrípeta em função de sua rotação, a qual arremessa o produto sobre o solo. O distribuidor apresentava abertura da comporta fixa, com 7 cm de altura e 80 cm de largura, totalizando uma área de 560 cm².

As aletas de distribuição do disco centrífugo se mantiveram fixas durante o ensaio, na posição 2 (Figura 1). O disco apresenta quatro aletas cada, podendo elas serem ajustadas de acordo com o objetivo de sobreposição de partículas sobre o solo. Cada posição apresenta um ângulo de ataque podendo ser mais ou menos agressivo, tendo suas características de distribuição alteradas.



FIGURA 1. Disco centrífugo com aletas na posição 2.

O dosador volumétrico foi controlado por um sistema de taxa variável, que foi montado no conjunto trator-equipamento. No trator se encontra o controlador, que por meio dos mapas de aplicação definiu qual a velocidade da esteira dosadora, sendo a velocidade modificada em função do fluxo de óleo que é liberado por um atuador localizado no distribuidor, que são controlados via sinais elétricos. O princípio de funcionamento do sistema taxa variável altera as doses de aplicação devido à velocidade da esteira dosadora. Durante o ensaio o equipamento foi abastecido com o material (calcário) de maneira correta para não compactar no fundo do compartimento da máquina, e este mesmo calcário utilizado apresentava-se bem seco, para não interferir nos dados amostrados.

Como fonte de potência foi utilizado o trator TL85 da New Holland (4 x 2 TDA – tração dianteira auxiliar), com 65,52 kW (88 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm, sistema hidráulico com vazão de 44,5 Lmin⁻¹, rotação na TDP de 540 rpm a 2200 rpm no motor, pneus traseiros 18.4 - 34 com pressão de 124,2 kPa, pneus dianteiros 7.5 - 16 com pressão de 110,4 kPa, lastragem líquida e metálica. (Figura 2).



FIGURA 2. Trator marca New Holland, modelo TL 85.

O conjunto trator-equipamento também foi equipado com piloto elétrico automático EZ-Steer™, produto da marca NEW HOLLAND, e sistema de aplicação taxa variável FIELD EQ que funciona em conjunto com o sistema de barra de luzes e registra operações feitas na área por meio de relatórios de operação. Estes equipamentos mantêm o conjunto em sua devida posição, devido a sinais recebidos via DGPS, e ao interpretar sua posição, também diagnosticam pelo mapa de aplicação inserido no monitor a dose a ser aplicado naquele instante, então o controlador interpola os dados e envia o sinal ao atuador, que alterará a vazão do fluxo de óleo para o motor hidráulico e alterará a velocidade de deslocamento da esteira.

Durante o ensaio foram monitoradas a umidade relativa do ar por meio de um termohigrometro da marca EAGRI, a qual não ultrapassou 80%, permaneceu em média 65%. A velocidade média do vento durante a aplicação de todas as doses do ensaio permaneceu em torno de $1,5 \text{ ms}^{-1}$, e a temperatura ambiente no momento do ensaio foi de $31 \text{ }^\circ\text{C}$, foram coletadas por meio de um termoanemômetro (Figura 3) da marca HIGHMED – Modelo HM-380.



FIGURA 3. Termoanemômetro digital portátil da marca HIGHMED – Modelo HM-380.

Montou-se o experimento no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial (2x3), onde foi avaliada a uniformidade de aplicação para dois tipos de esteiras uma convencional taliscada de metal, comumente encontrada nos aplicadores centrífugos e a outra de borracha, com sua superfície lisa, e três doses de

aplicação (1500, 2000 e 2500 kg ha⁻¹), que foram alteradas em função da velocidade da esteira dosadora, totalizando seis tratamentos.

As esteiras utilizadas foram a esteira convencional de metal taliscada e a de borracha. O acoplamento da de borracha é feito por meio de barras fixadoras que são parafusadas na esteira convencional. E para uso da esteira convencional basta retirar os parafusos das barras e retirar a esteira de borracha que está por cima. As duas esteiras foram submetidas ao mesmo ensaio, nas mesmas doses e com velocidade de aplicação do conjunto fixada em 8 km h⁻¹, na rotação de 2200 rpm do motor, que fornece 540 rpm na tomada de potência do trator.

O ensaio foi baseado na norma ASAE S341.2 (1996), que define termos, estabelece as condições e os procedimentos de ensaio, assim como a maneira de relatar os resultados desta avaliação. A norma é semelhante à ISO 5690/1 (ISO, 1985), que igualmente trata de condições de ensaio, procedimentos, resultados esperados.

2.1 Calibração da vazão do distribuidor de calcário

As etapas para a realização da calibração foram efetuadas segundo a metodologia adotada por Mialhe (1996). O primeiro passo da calibração da vazão foi abastecer o reservatório da máquina com pelo menos metade de sua capacidade, com o calcário (densidade de 1,3 gcm⁻³), após carregado o equipamento foi calibrado.

Para ser calibrado o equipamento aplicou uma determinada quantidade de acordo com a abertura da comporta e velocidade angular da esteira, sendo todos estes valores inseridos no controlador antes da calibração, durante este procedimento temos que inserir vários parâmetros necessários para que o equipamento possa calcular o volume que irá ser movimentado com o arraste da esteira, foram inseridos valores de largura e altura da comporta, distância movimentada em uma volta do motor hidráulico e comprimento da esteira. Com todos estes parâmetros o controlador criou uma curva de aplicação baseada na velocidade angular da esteira e define a dose aplicada.

A correção da curva ocorreu da seguinte forma, o equipamento aplica determinada dose, esta coletada e pesada, por meio de uma lona e balança. Este valor

real da pesagem foi inserido no controlador, para ajustar a curva de aplicação. Este procedimento ocorreu até que os valores emitidos pelo controlador iguaissem aos dados reais coletados na lona e pesados.

Para cada calibração realizada o controlador adota o valor da constante que mais chega próximo de uma taxa alvo, já previamente programada, e que deve ser atingida durante aplicação de calibração. Assim que se atinge o valor o controlador determina uma constante de correção, que serve justamente para chegar bem próximo dos valores reais aplicados (Figura 3).

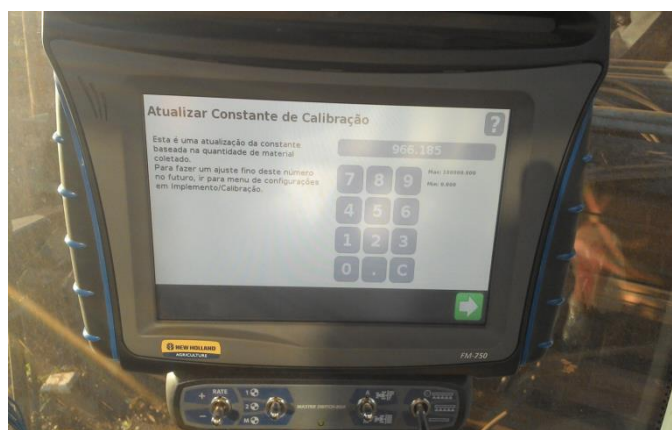


FIGURA 4. Controlador efetuando o procedimento de calibração.

2.2 Distribuição dos coletores

Para avaliar a distribuição do insumo foram utilizados coletores com dimensões de 0,5 m de comprimento x 0,4 m de largura x 0,15 m de profundidade, os quais foram revestidos com sacos plásticos, para evitar o ricocheteamento do material. Sendo subdivido o coletor em pequenas parcelas, segundo ISO 5690/1. E dispostos na área lado a lado, cobrindo toda a área de aplicação do ensaio.

Para a avaliação da uniformidade de distribuição da máquina, os coletores foram alinhados em uma superfície plana de forma transversal e longitudinal, lado a lado, sendo 20 coletores do lado direito e 20 do lado esquerdo, e 15 centrais, totalizando 55 coletores. Para a passagem dos pneus do trator e da máquina distribuidora foi deixado um espaço de 0,80 m em cada lado do coletor central, o que corresponde a largura de duas caixas coletoras. Para efeito de cálculo, foi realizada a interpolação linear dos valores próximos ao coletor central, totalizando 59 coletores, garantindo-se assim o preenchimento dos valores situados

no espaço deixado para o rodado do equipamento. Essa interpolação foi realizada automaticamente por uma planilha eletrônica denominada Adulção 3.0 (MOLIN et al., 2009). A Figura 5 e 6 ilustra a passagem do distribuidor sobre os coletores. O perfil transversal refere-se à distribuição do produto em uma linha perpendicular ao sentido de movimentação do conjunto.

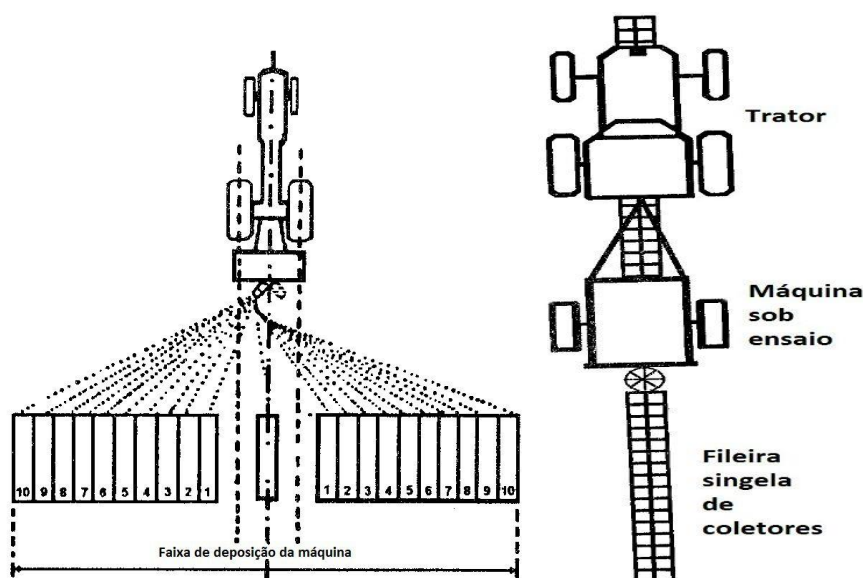


FIGURA 5. Esquema da aplicação transversal para o ensaio. Fonte: Mialhe, 1996.



FIGURA 6. Passagem do distribuidor sobre os coletores e acúmulo e queda de calcário na frente do distribuidor.

Para evitar o ricocheteamento foi utilizado um sistema de amortecimento das partículas, composto por um material plástico que envolve toda a superfície do coletor, durante a colisão do material aplicado o plástico amortece o impacto das partículas, mantendo-as estáticas dentro do coletor. Todo o material coletado foi pesado em balanças de precisão, e equivalendo as suas respectivas posições.

O calcário foi aplicado em um circuito contínuo, em que existe a sobreposição de lado direito com lado esquerdo da deposição da máquina e vice versa, minimizando possíveis desequilíbrios causados pela assimetria de deposição da máquina (MOLIN,2009).

Todas as amostras de cada tratamento foram encaminhadas ao laboratório, onde foi realizada a pesagem das mesmas em balança de precisão, com resolução de 0,01 g, marca AND, Modelo FX-1200, e todos os valores anotados nas suas respectivas posições.

O método utilizado para determinar a largura efetiva foi baseado no coeficiente de variação (CV%) de 20%. Onde o CV é determinado de acordo com a equação abaixo:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} . 100 \quad (1)$$

Em que:

μ = Média

σ = Desvio Padrão

2.3 Análise dos dados

A partir dos valores das análises foram montados perfis de distribuição das partículas de calcário, utilizando-se a planilha eletrônica Adulança 3.0 (MOLIN et al., 2009) (Figura 7).

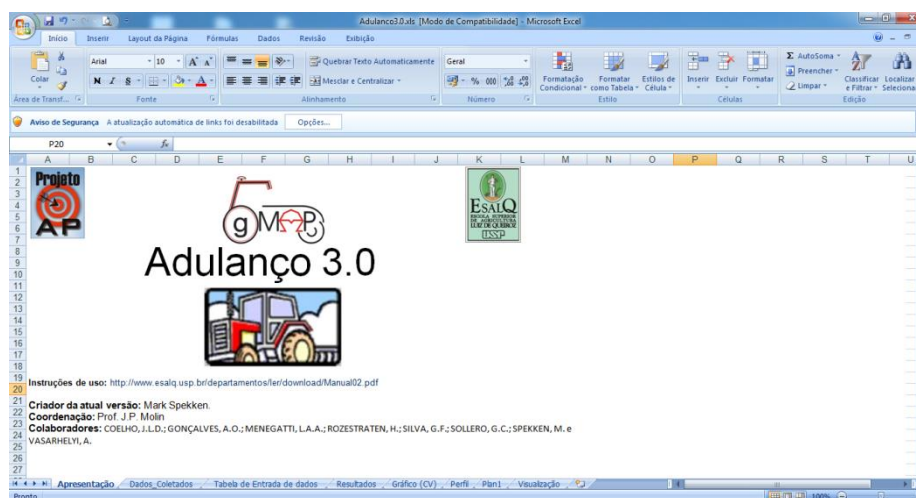


FIGURA 7 – Planilha Eletrônica Adulança 3.0

No início da década de 1990 foi proposta a primeira versão de um programa desenvolvido principalmente para o processamento dos dados de ensaios da análise de distribuição transversal de materiais (MOLIN et al., 1992). O programa é utilizado na análise de dados de máquinas aplicadoras de corretivos, fertilizantes e sementes a lanço, mas poderá ser utilizado para simulação de sobreposições nos ensaios de bicos de pulverizadores ou outros similares. Na terceira versão do programa, agora elaborada em planilha eletrônica, os dados são introduzidos e um algoritmo procede à análise gerando resultados na forma de gráficos e planilha.

O procedimento normalmente utilizado para a determinação da largura efetiva de aplicadores a lanço baseia-se no coeficiente de variação (CV). Para tanto se realiza a simulação de recobrimentos sucessivos com os valores acumulados nos coletores e calcula-se o CV para cada situação de recobrimento simulado para a determinação da largura efetiva. Os valores de CV para as diferentes larguras efetivas simuladas podem ser então plotados. O compromisso entre um valor baixo de CV e um valor prático para a largura é que efetivamente deverá servir para a largura de trabalho a ser utilizada no campo.

A planilha trabalha com os valores coletados das caixas do sentido da esquerda para a direita, onde interpola os dados dos espaços sem caixas e monta os perfis de aplicação através do ensaio, e também os perfis com sobreposição de passadas, mostrando para cada aplicação ou equipamento o melhor sentido a ser adotado durante aplicação. Em relação a caixa central, localizada no sentido longitudinal ao tráfego, foram coletadas várias amostras, afim de se obter uma média para a respectiva posição central, além de avaliar a uniformidade de distribuição além do sentido de deslocamento do conjunto.

Os perfis foram analisados para obtenção do CV, largura efetiva de trabalho e a uniformidade em toda a faixa, incluindo a sobreposição de faixas.

A partir dos gráficos, foi determinada a “largura efetiva de trabalho”, ou seja, a largura de trabalho de maior eficiência da máquina dentro de um nível de desuniformidade da distribuição transversal aceitável. Na Europa, onde a aplicação de fertilizantes granulados a lanço predomina, os valores de CV% do perfil transversal são fixados entre 12,5 e 15%. No caso do calcário, no Brasil se tem adotado CV% com valor limite de 20% (MOLIN,2009), sendo este utilizado neste ensaio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se perceber que a esteira de borracha permaneceu com a largura efetiva de trabalho maior do que a esteira de taliscas (convencional) (Tabela 1). Isso se deve a maior uniformidade de arraste de partícula, devido a sua área de contato ser maior do que a convencional.

Segundo a (Tabela 1), a esteira de borracha também apresentou largura efetiva de trabalho fixa, para as três doses. Este dado é muito interessante para este tipo de aplicação, pois, o equipamento mantém um rendimento frequente, de acordo com a largura de aplicação e velocidade de trabalho, mesmo com a alteração das doses.

Porém à medida que se aumentou a dose a ser aplicada, a esteira de borracha começa a perder atrito com a partícula. Este fato se deve a velocidade e peso sobre a esteira, em que maiores velocidades e maior massa, a mesma não consegue manter o aproveitamento devido ao material deslizar sobre a superfície e então a esteira não apresenta aderência suficiente para transportar a partícula até o disco distribuidor centrifugo.

Por se tratar de uma esteira com taliscas, a altura de material arrastado pela esteira convencional é oscilante, devido ao fato que, entre as taliscas, a esteira não arrasta a mesma quantidade de material.

TABELA 1. Largura de aplicação (m) para cada tratamento.

TIPO DA ESTEIRA	Esteira com Borracha	Esteira com Taliscas (convencional)
1500 kg ha ⁻¹	13,0	6,0
2000 kg ha ⁻¹	12,0	11,0
2500 kg ha ⁻¹	12,5	12,2

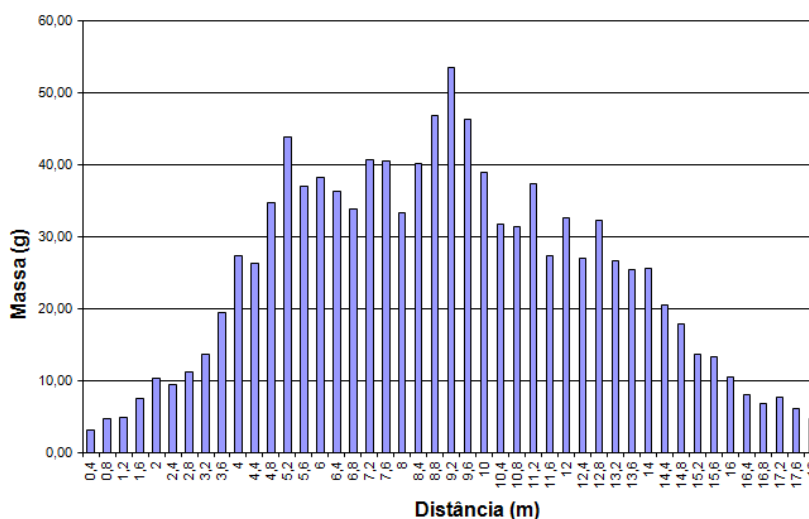
Os dados coletados, em média, para a dose real aplicada (Tabela 2) não atingiram a dose sugerida, este fato pode ser explicado pelo fato de que o motor hidráulico, instalado na máquina, não foi capaz de manter uma frequência de rotação, ou seja, oscilando o seu fluxo de funcionamento em determinados momentos, entre

picos de alta rotação e estático. Isto pode ter ocorrido pela alta demanda de carga no motor, com o peso do calcário sobre a esteira, e também a relação de engrenagens (4:10) que se encontra o motor hidráulico. A baixa uniformidade de distribuição fez com que a largura de aplicação fosse alterada em função do CV encontrado para cada posição respectivamente, e a largura interfere diretamente na dose real coletada sobre o solo.

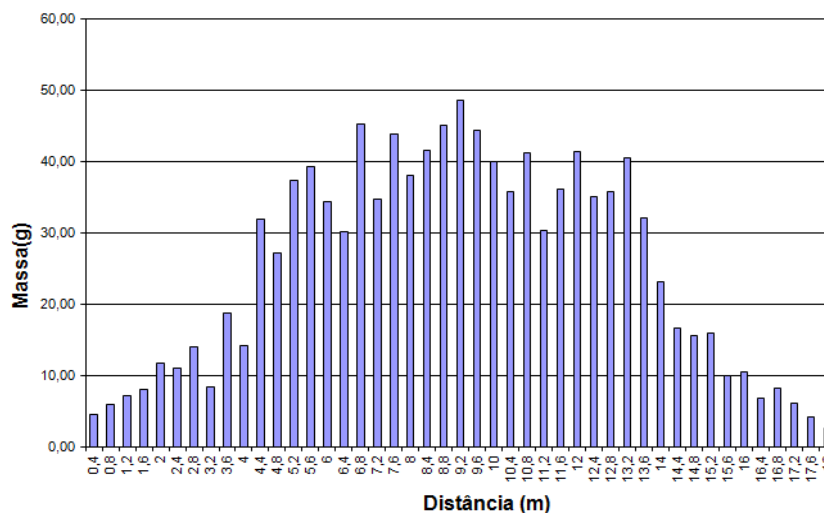
TABELA 2. Dose real aplicada (kg ha^{-1}) para cada tratamento com sobreposição.

TIPO DE ESTEIRA	Esteira com Borracha	Esteira com Taliscas (Convencional)
1500 kg ha^{-1}	1163,44	3206,33
2000 kg ha^{-1}	1891,95	2258,83
2500 kg ha^{-1}	1594,29	2652,52

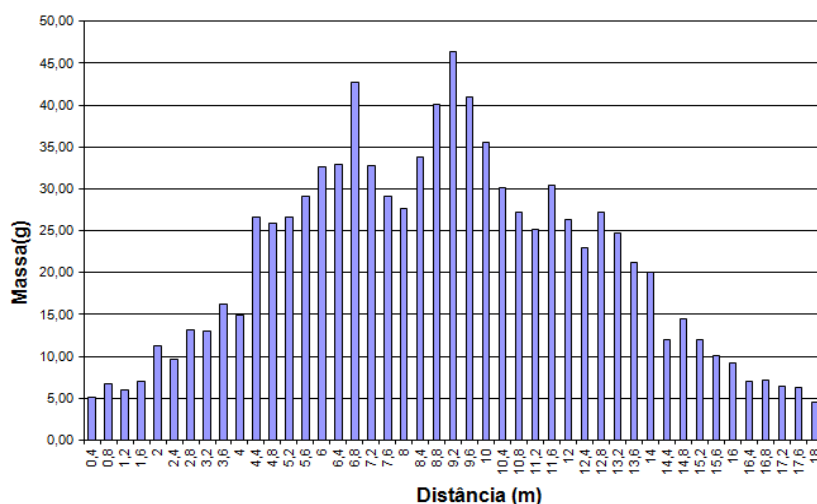
Como demonstra o perfil de distribuição, na Figura 8, o sistema contínuo é mais vantajoso adotá-lo para aplicação, pois o circuito contínuo faz a sobreposição de lado direito com lado esquerdo da deposição da máquina e vice versa, minimizando possíveis desequilíbrios causados pela máquina; já no circuito alternado, lados iguais se sobrepõem somando eventuais erros causados pela máquina, especialmente aqueles que causam assimetria na distribuição do produto.



(a)



(b)



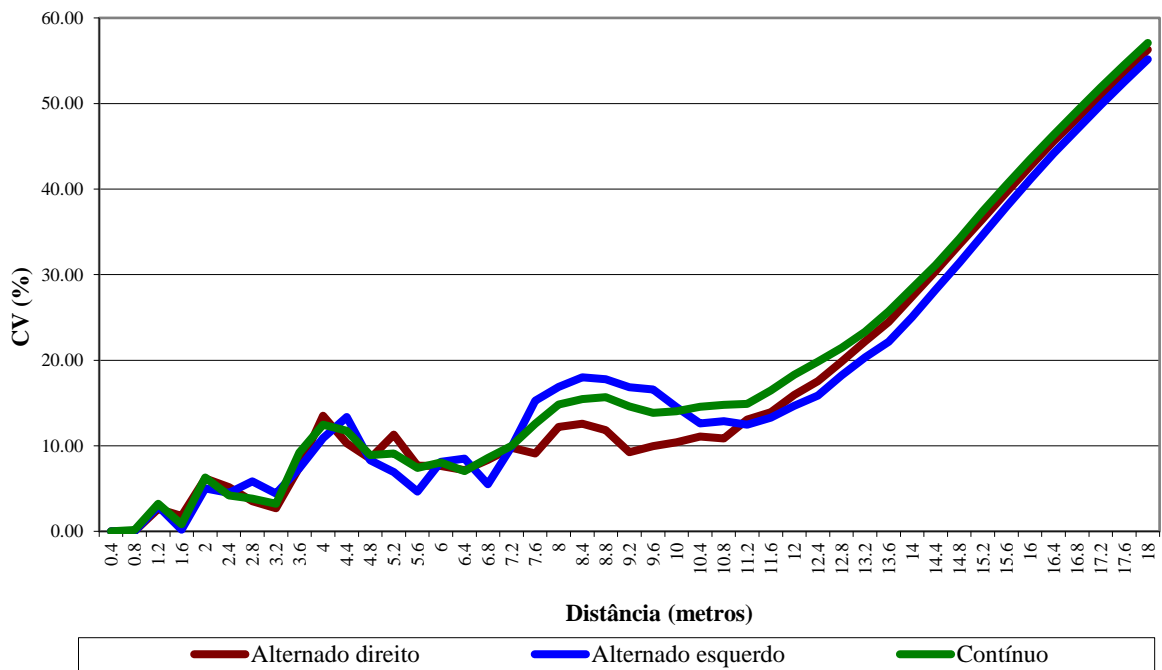
(c)

FIGURA 8. Perfil de distribuição da aplicação de calcário com esteira de borracha e doses de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.

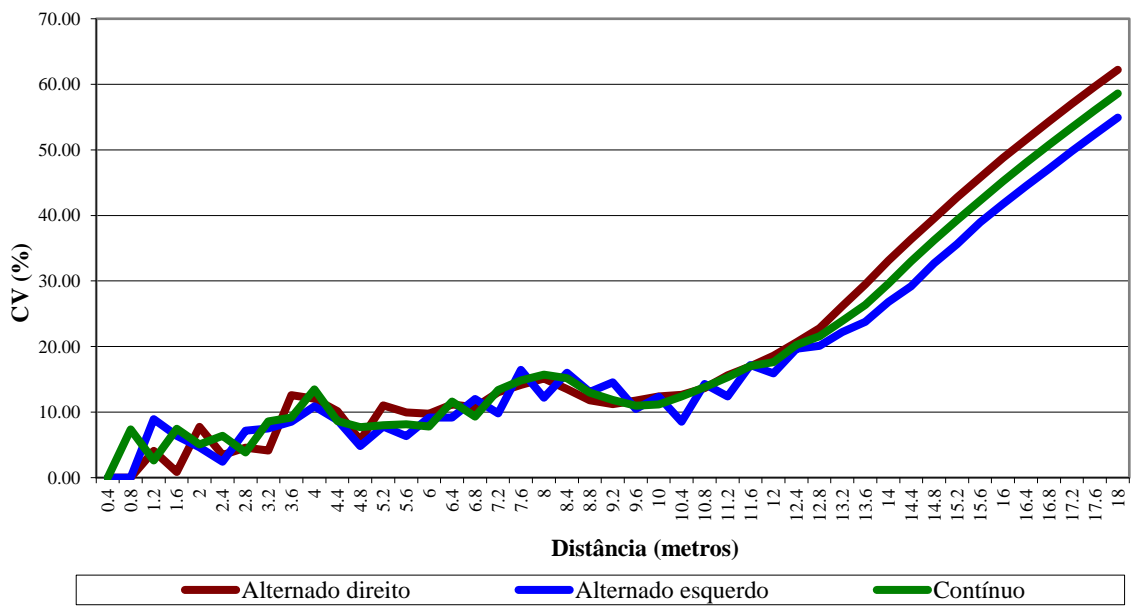
O gráfico da Figura 9 e 12 mostram as combinações de valores do CV% x Distância, correspondente às larguras de trabalho e apresenta os tipos de percurso (contínuo, alternado com sobreposição à esquerda e alternado com sobreposição à direita). A partir desse gráfico, pode-se determinar a “largura efetiva de trabalho”, ou seja, a largura de trabalho de maior desempenho da máquina dentro de um nível de uniformidade da distribuição transversal aceitável.

A linha verde (sistema de percurso contínuo) retrata o coeficiente de variação simulando a utilização do percurso fechando ou abrindo o quadro. A linha azul demonstra a variação do CV% com a sobreposição de lados esquerdos em uma aplicação com circuito “vai e vem”, já a linha vermelha retrata o mesmo, porém para as sobreposições de lado direito.

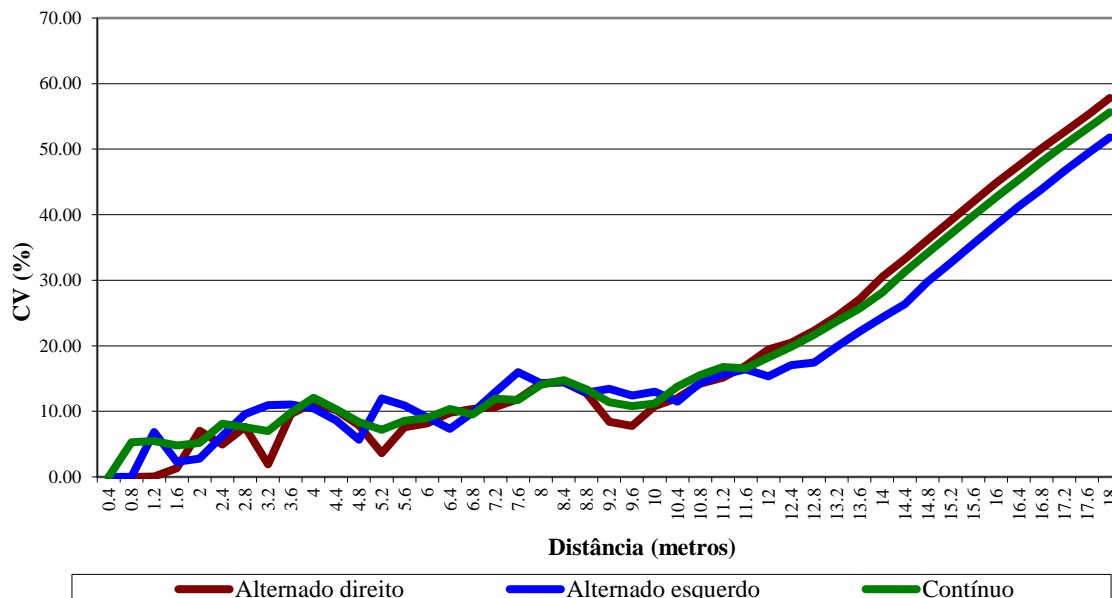
Pode-se perceber também que a medida que a distancia aumenta a uniformidade diminui e por isso temos um aumento de CV%, a discrepância das doses em relação a média leva ao aumento do CV%, isto pelo aumento da distancia da partícula de calcário coletada em relação a linha de tráfego da máquina.



(a)



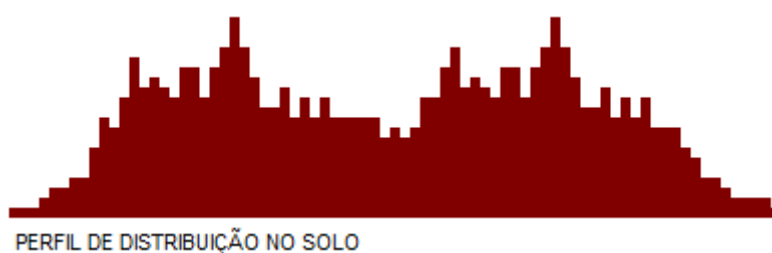
(b)



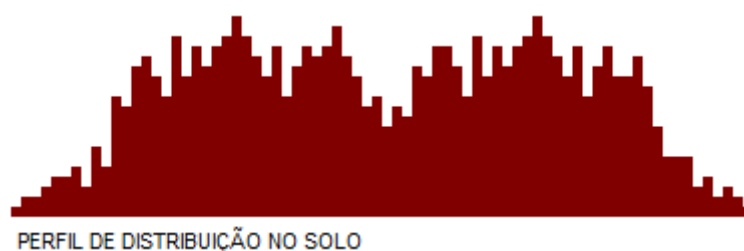
(c)

FIGURA 9. Gráfico do Coeficiente de Variação (CV) referente a cada largura de trabalho e método de percurso simulado para esteira de borracha e doses de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.

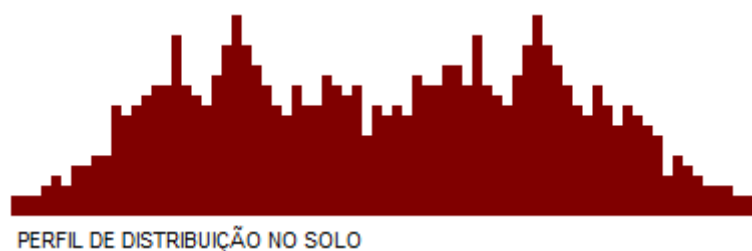
O sistema de aplicação utilizado em ensaio se mostra eficiente quanto ao sentido de aplicação, isto pode ser notado segundo os gráficos de sobreposição (Figura 10 e 13). No sentido contínuo de aplicação, o lado esquerdo sobrepõe o lado direito nota-se menor variação no perfil, mantendo-se constante por uma faixa maior, aumentando a largura efetiva de trabalho.



(a)



(b)

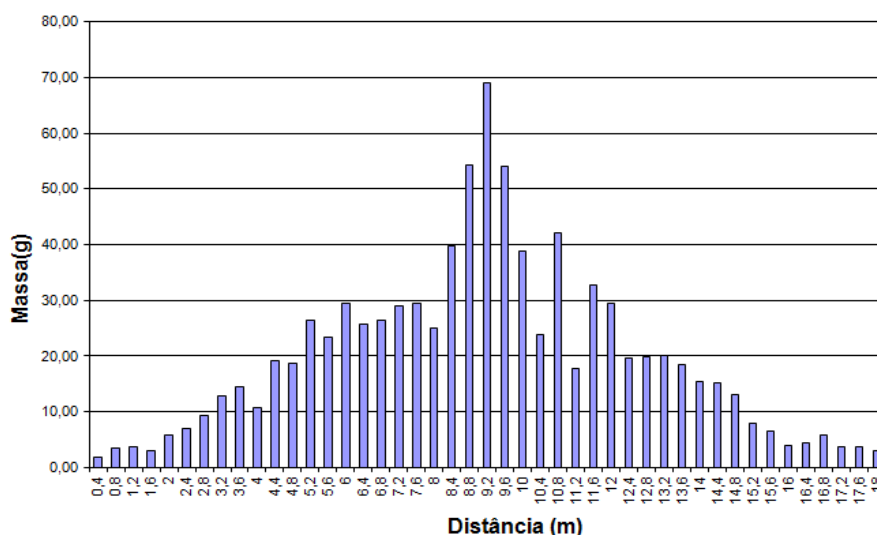


(c)

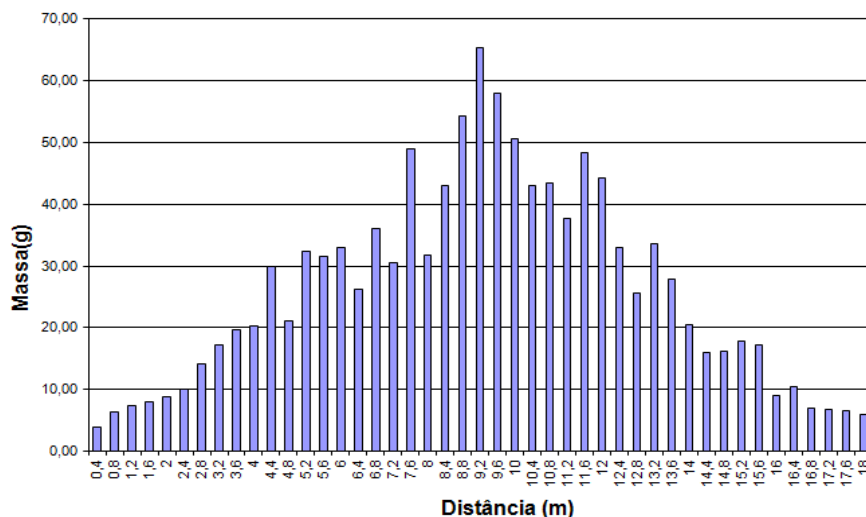
FIGURA 10. Perfil de sobreposição da aplicação de calcário com esteira de borracha e doses de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.

Para o perfil de distribuição a esteira de metal nas doses de 1500, 2000 e 2500 kg ha⁻¹ (Figura 11), observa-se que os gráficos apresentam um perfil parecido de distribuição, mudando apenas a quantidade em cada coletor. Porém, os perfis alcançados, apresentam certa simetria que demonstram um direcionamento do produto mais ao centro, e a largura da faixa de distribuição menor.

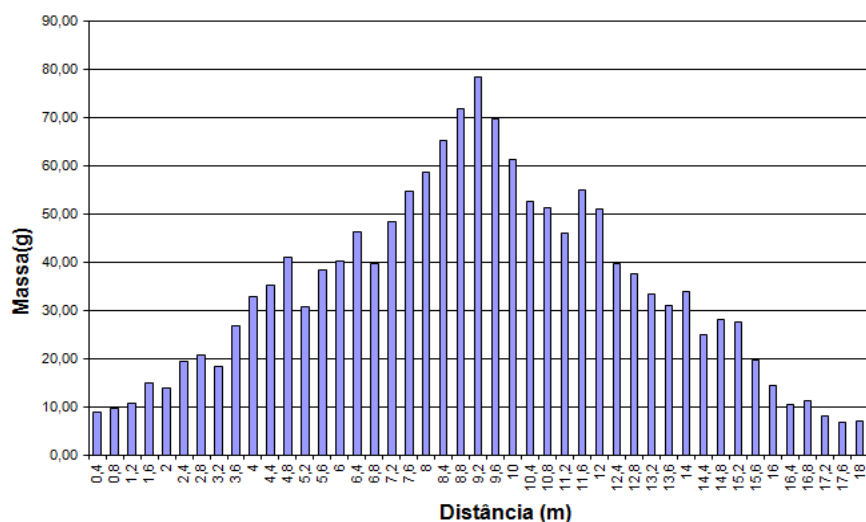
Analisando o perfil de distribuição transversal (Figura 8 e 11), para ambas esteiras e para todas as dosagens, observa-se maior quantidade de produto recolhido ao longo do eixo central de deslocamento do conjunto mecanizado. Isso pode ser relacionado com o acúmulo de produto na parte frontal da esteira transportadora. Esse problema também foi encontrado por Farret (2005), o acúmulo resultou do transporte de resíduo do produto nas travessas da esteira durante o seu retorno da parte traseira para a frontal.



(a)



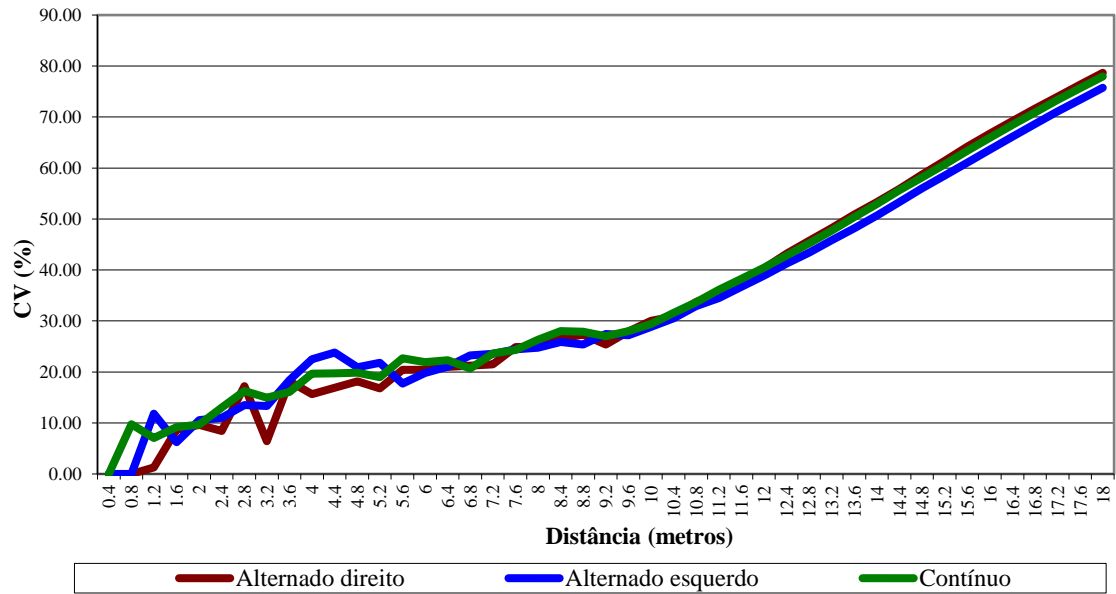
(b)



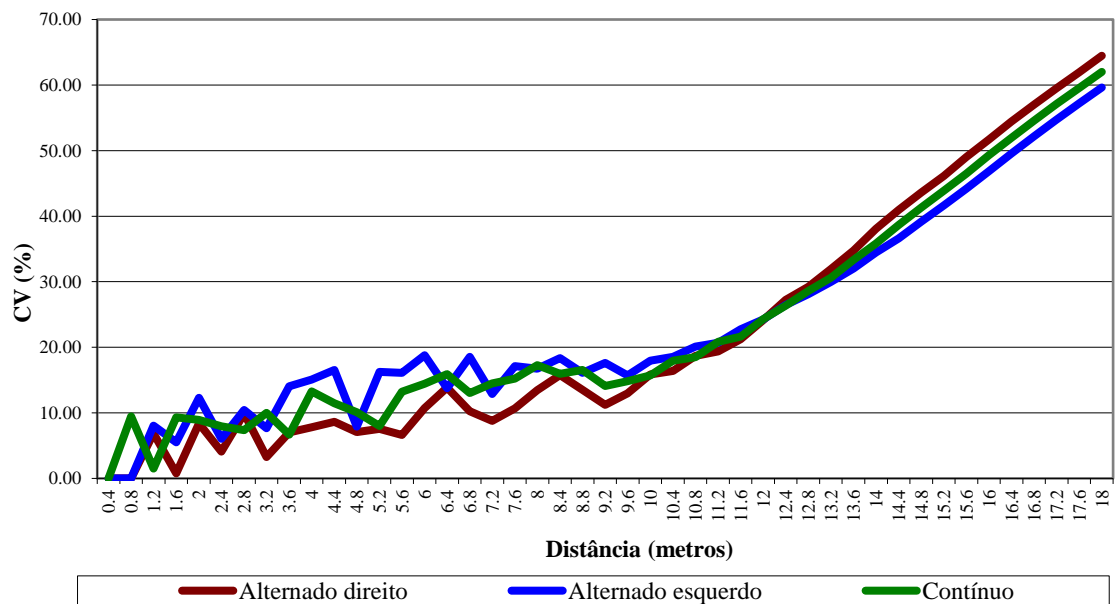
(c)

FIGURA 11. Perfil de distribuição da aplicação de calcário com esteira de metal e dose de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.

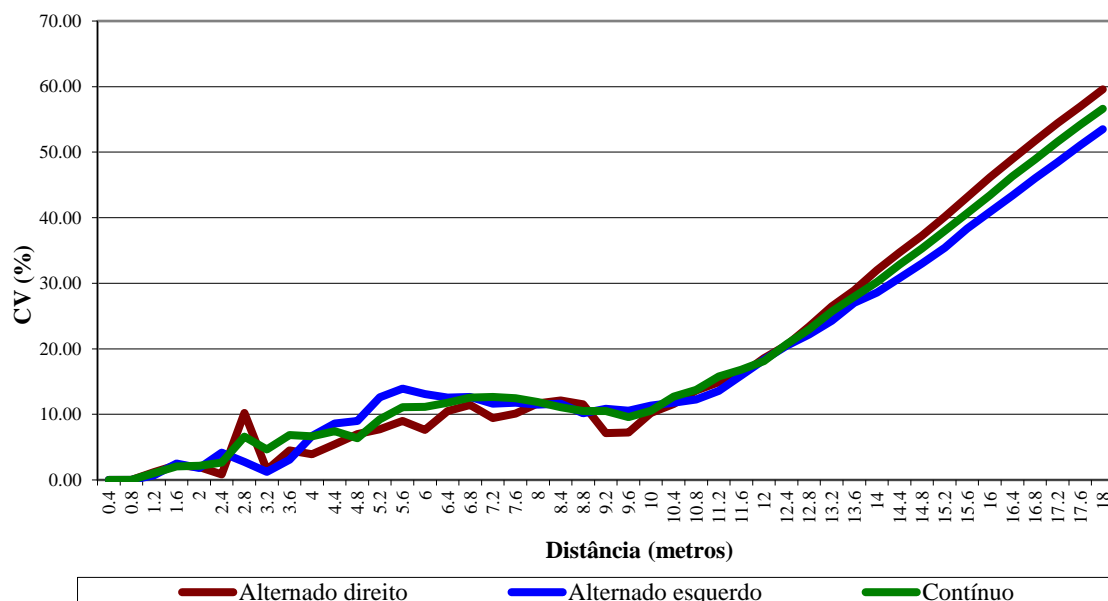
Observando-se os perfis de distribuição da (Figura 8 e 11) nota-se certa simetria entre os lados direito e esquerdo. Isso ocorreu porque a velocidade do vento durante a aplicação foi mantida abaixo do limite máximo recomendado, segundo norma e a aplicação foi realizada na mesma direção e sentido do vento, para que não houvesse interferência na coleta de dados, com a perda de partículas por deriva, ou deposita-las fora de sua devida posição.



(a)



(b)

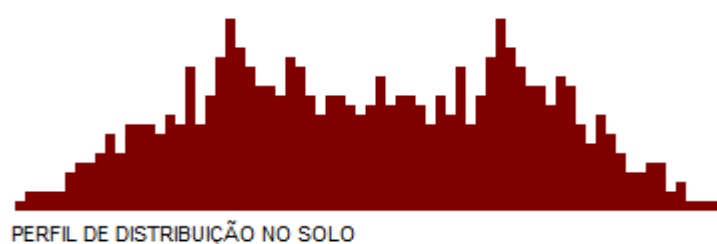


(c)

FIGURA 12. Gráfico do Coeficiente de Variação (CV) referente a cada largura de trabalho e método de percurso simulado para esteira de metal e doses de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.



(a)



(b)



(c)

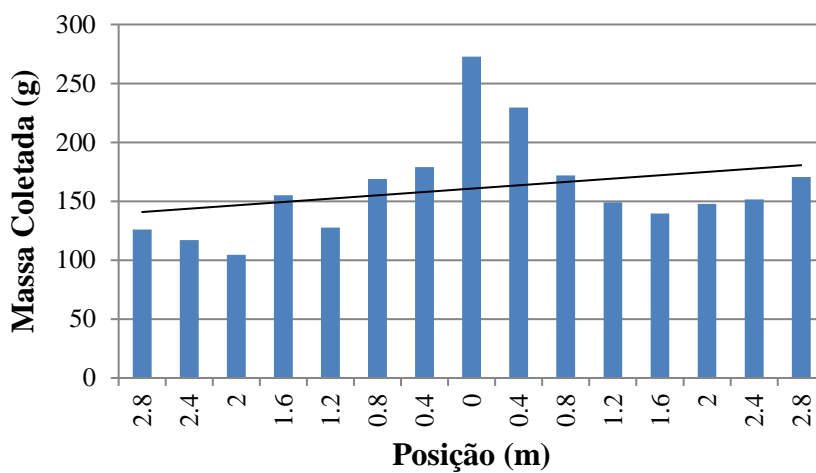
FIGURA 13. Perfil de sobreposição da aplicação de calcário com esteira de metal e dose de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg ha⁻¹.

Após a realização do ensaio verificou-se que o motor hidráulico e a relação de engrenagens de 0,4 da engrenagem motora para a movida não permitiram atuação regular da esteira. Por apresentar uma área de contato matéria-esteira, muito maior que os concorrentes, e a esteira com carga exigiu do motor um torque maior do que poderia fornecer, então seria necessário algumas alterações no mecanismo de transmissão para solucionar o problema.

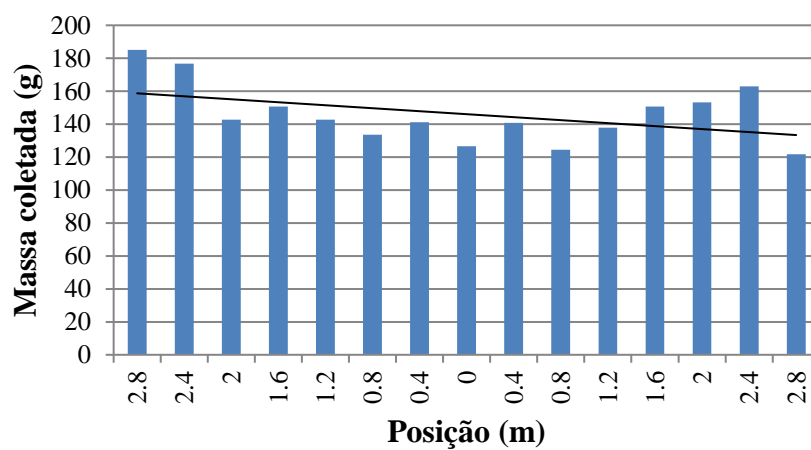
Este fato pode ser comprovado por duas situações, ora a esteira com carga, ora a esteira sem carga. Sem carga a esteira mantinha rotação frequente e em várias velocidades mantendo o seu funcionamento, porém após carga com o carregamento de calcário o motor hidráulico começou a apresentar certas restrições em seu funcionamento. Interrompendo a movimentação da esteira, neste momento percebia-se que o motor estava recebendo energia hidráulica do sistema, acionado pelo trator e não conseguia converter em energia mecânica, mais precisamente rotação. E isto gerava uma certa sobrecarga nas mangueiras e motor. Por causa da restrição a solução foi apenas abastecer a máquina aplicadora com a quantidade necessária para atender a demanda do tratamento.

Pode-se perceber que as doses aplicadas não atingiram a dose alvo. Isso pode ter ocorrido por diversos fatos, alta demanda de torque no motor, relação de engrenagens que deveria ser menor caso fosse este o problema, além da baixa uniformidade de distribuição, que afeta a largura de trabalho e consequentemente a dose real aplicada. A uniformidade de distribuição do equipamento durante ensaio não permaneceu constante, mesmo com acionamento antecipado em relação a coleta, em torno de 25 m, como ilustra o gráfico da (Figura 14).

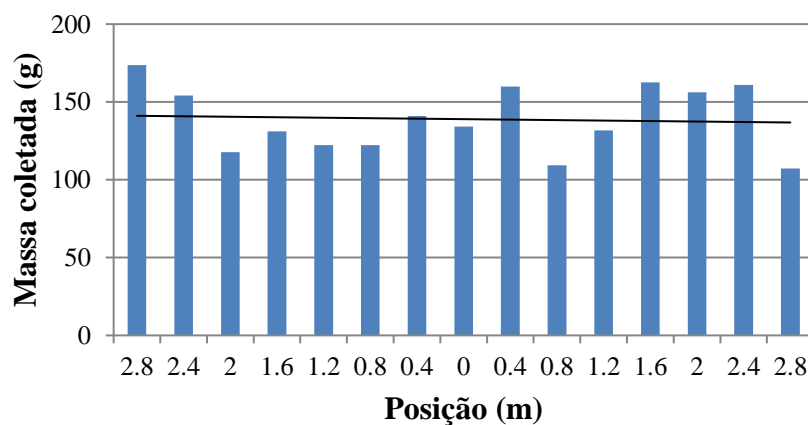
Os valores coletados na distribuição longitudinal apresentam-se díspares em quanto se esperava uma distribuição constante nas caixas dispostas longitudinalmente.



(a)

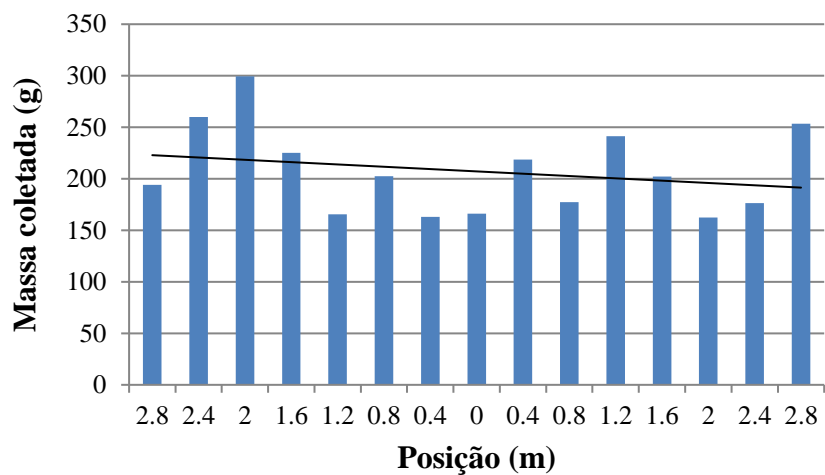


(b)

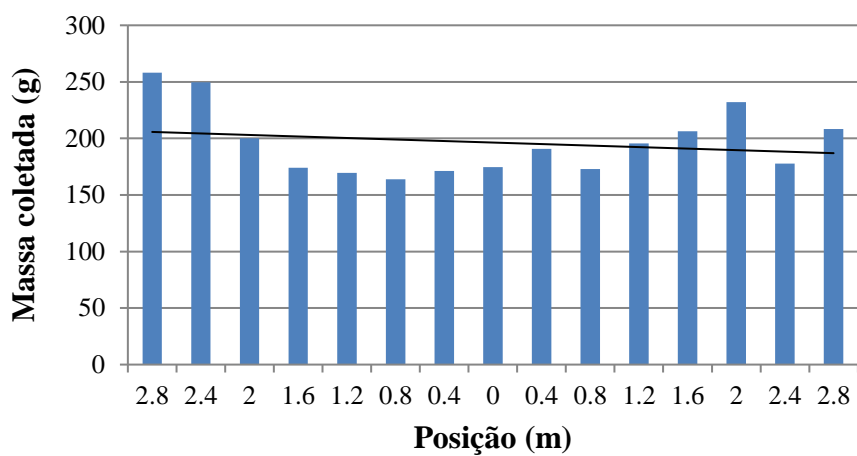


(c)

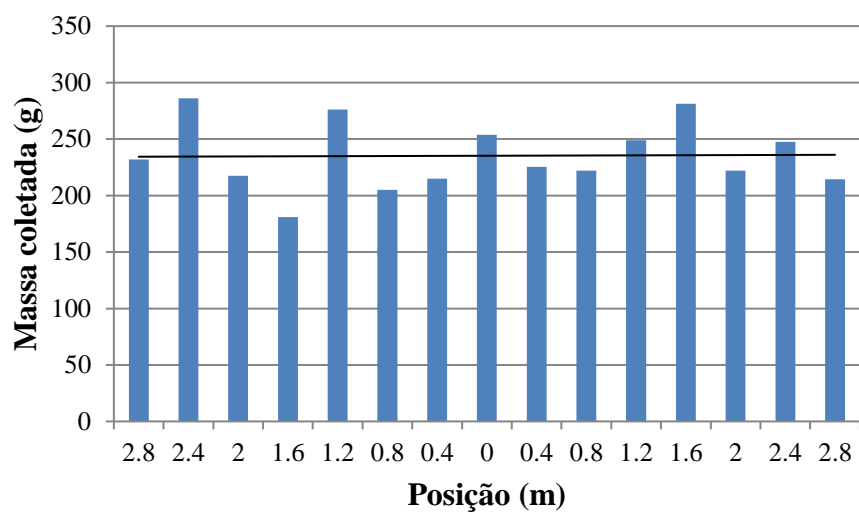
FIGURA 14. Gráfico de distribuição longitudinal de aplicação de calcário com esteira de borracha e dose de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg. ha⁻¹.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 15. Gráfico de distribuição longitudinal de aplicação de calcário com esteira de metal e dose de (a) 1500, (b) 2000 e (c) 2500 kg.ha⁻¹.

4. CONCLUSÃO

Na menor dose aplicada a esteira de borracha proporcionou a maior largura de aplicação.

As doses aplicadas foram diferentes das doses requeridas na área.

Todas as doses apresentaram uniformidade de distribuição diferentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **Procedure for Calibrating Granular Applicators**. ASAE Standards. St. Joseph, 1996. 5p. (ASAE S341.2).

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 308 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARRET, I. S.; Schlosser, J. F.; Durigon, R.; Werner, V.; Knob, M. **Variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos**. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v.38, n.7, p.1886-1892, out, 2008.

FARRET, I. S. **Efeito da variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2008.

HACHUY, L.. **Desempenho de uma distribuidora a lança com dois tipos de produtos aplicados em diferentes posições de aletas nos discos**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

ISO - International Organization for Standardization. **Equipment for distributing fertilizers: Test methods – Part 1: Full width fertilizer distributors**. Geneva, 1985, 2. ed., 17p. (ISO Standard 5690/1).

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O Clima da Região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

MANJI, M. P. et al. **Avaliação do desempenho de uma distribuidora a lança centrífuga acionada pelo sistema hidráulico independente e controlador eletrônico**. FATEC Pompéia, Pompéia-SP, 2012.

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

MILAN, M.; GADANHA JUNIOR, C. D. **Ensaio e certificação das máquinas para aplicação de adubos e corretivos**. In: MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas: Ensaios e certificação. Piracicaba-SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p. Cap. 10.

MOLIN, J. P.; RUIZ, E. R. S. **Validação de métodos simplificados de determinação da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos**. IN: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 28, 1999, Pelotas. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Pelotas: SBEA, 1999.

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. 2, n. 4, p.281-285, 2000. UFPB.

MOLIN, J. P. **Manual Adulção 3.0.** Projeto AP, Departamento de Eng. Rural. USP/ESALQ. Piracicaba-SP. 2009

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão.** In: BRASIL. Ministério Da Agricultura Pecuária E Abastecimento. Agricultura de Precisão: boletim técnico. 2. ed. Brasília: Binagri, 2011. p. 5-27.

PORTELA, J. A.; BATISTA, D. G. **Teste eletrônico.** Cultivar Máquinas, Não Me Toque, n. 118, p.12-14, maio 2012. Mensal.

SILVEIRA, G.M.; **Máquinas Para Plantio e Condução das Culturas.** Viçosa-MG. Editora Aprenda Fácil, 2001, 336 p.

TEIXEIRA, M. M.; QUEIROZ, D. M.; E.A.OLIVEIRA. **Distribuidoras de adubos e calcário: operação e manutenção.** 2. ed. Brasília: SENAR, 2009. 116 p.

WERNER, V. et al. **Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.11, n.6, p.658–663, 2007.

WHITNEY, R.W.; ROTH, L.O.; KUHLMAN, D.K. **Performance of selected granular collectors.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.30, n.2, p.338-342, 1987.