

**DEPOSIÇÃO DE CALDA AO LONGO DO DOSSEL NA CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PULVERIZADOR EQUIPADO COM CONTROLADOR DE FLUXO**Nelson Cristiano Weber¹, Eloá Matos dos Santos², Alexandre Russini³ & Fernando Felisberto da Silva⁴1- Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia/Sanidade Vegetal, UFRGS/ Porto Alegre-RS, nelson.weber@ufrgs.br2 - Acadêmica em Agronomia UNIPAMPA/ Itaqui-RS, eloamattos@hotmail.com3 - Doutor, Professor Adjunto UNIPAMPA/ Itaqui-RS, alexanderussini@unipampa.edu.br4 - Doutor, Professor Associado UNIPAMPA/ Itaqui-RS, fernando.silva@unipampa.edu.br**Palavras-chaves:**

agrotóxicos

Glycine max

tecnologia de aplicação

RESUMO

A soja é uma das principais culturas de grãos produzida no Brasil, sendo tal produção alicerçada sobre intensa utilização de produtos fitossanitários, assim, a tecnologia de aplicação empregada durante as operações deve ser ajustada às condições técnico-econômicas requeridas. Neste contexto, objetivou-se avaliar a deposição de calda utilizando um controlador eletrônico de fluxo, em operação realizada em diferentes condições climáticas e operacionais sobre a cultura da soja. O trabalho foi desenvolvido no município de Itaqui/RS, em lavoura comercial de soja, na safra 2014/15, avaliando o efeito de diferentes horários e volumes de calda, sobre três estratos do dossel vegetal. A deposição foi avaliada com cartões hidrossensíveis e processado pelo software Gotas. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram maior desuniformidade nas porções inferiores do dossel, e que a maior parte do volume aplicado ficou retido na porção superior. O volume de calda foi o fator que mais influenciou sobre a penetração, e somente gotas finas conseguiram penetrar até a porção basal das plantas, principalmente quando associado ao horário das 14 horas, sendo que o controlador eletrônico de fluxo não foi eficiente para aprimorar o processo de aplicação.

Keywords:

application technology

Glycine max

pesticides

SPRAY DEPOSITION OVER SOYBEAN CANOPY USING A PULVERIZER EQUIPPED WITH A FLOW CONTROLLER**ABSTRACT**

Soybean is one of the main grain crop produced in Brazil, and this production is based on intense use of phytosanitary products. In this way, the application technology used during operations must be adjusted to the required technical and economic conditions. The present work evaluated the deposition of spray solution on soybean crop, with an electronic flow controller, during an operation done under different climatic and operational conditions. The study was conducted in Itaqui/RS, at a commercial soybean crop, in the 2014/15 harvest season, and the effects of different insecticide application times, as well as different volumes of sprays, were assessed on three layers of the vegetal canopy. The depositions were evaluated with water sensible cards and processed by Gotas software. Data were submitted to analysis of variance and compared by the Tukey test at 5% probability. Results showed the greatest unevenness in the lower portions of the canopy, and the bulk of the applied spray volume was retained in the upper portion. Spray volume had most influence on the penetration, and only droplets could penetrate the basal portion of the plants, mainly associated to the 2 pm application time. Hence, the electronic flow controller was not efficient to improve the application process.

INTRODUÇÃO

A soja destaca-se como a principal cultura de grãos produzida no Brasil, superando os 33 milhões de hectares semeados e com aproximadamente 113 milhões de toneladas de grãos produzidos (CONAB, 2017). O aumento de produção da cultura está fortemente vinculado ao uso de agrotóxicos, fato que torna o Brasil um dos líderes na comercialização destes produtos.

Considerando as técnicas de manejo destes produtos, Colbach (2010) e Gil et al. (2010), ressaltam a necessidade de respeitar o meio ambiente, reduzir ou eliminar os riscos de contaminação, tanto em áreas naturais (águas, áreas verdes, áreas de interesse específico), quanto em áreas públicas. Adicionalmente, o estudo da relação entre o alvo a ser atingido, o modo de ação do agrotóxico, a técnica de aplicação empregada e as condições ambientais, são pontos críticos que influenciam durante a aplicação de agrotóxicos (ANTUNIASSI et al., 2004; DECARO et al., 2016; GIL & SINFORT, 2005).

Segundo Cunha (2008), o conhecimento das condições de trabalho e do desempenho das pontas de pulverização, são fundamentais quando se busca uma aplicação adequada, dando-se muita importância ao produto fitossanitário utilizado em detrimento à técnica de aplicação. Nas aplicações de líquidos, em pulverização, o diâmetro das gotas determina o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento, risco de deriva, penetração no dossel, perda por evaporação e, conseqüentemente, a porcentagem de calda e volume total aplicado, que permanece no alvo (OLIVEIRA et al., 2007).

Considerando as limitações impostas durante a realização da aplicação, associada à técnica empregada, a penetração da calda no dossel vegetal é um dos parâmetros influenciados por tais características, sendo indicador do sucesso da operação. Independente do inseto-praga a ser controlado, a uniformidade da deposição ao longo do dossel, especialmente para produtos de contato é extremamente importante, garantindo eficiência do produto fitossanitário e de controle (GANDOLFO et al., 2013).

Os pulverizadores convencionais realizam as

aplicações com velocidades e pressões constantes, porém ocorrem oscilações de velocidade durante as aplicações, em função das condições e topografia do terreno. No intuito de reduzir possíveis variações de volumes durante as aplicações, surgiram os sistemas de controle para aplicação em doses constantes denominados controladores eletrônicos de fluxo (VIEIRA, 2013).

Estes sistemas corrigem a vazão alterando a pressão de trabalho para compensar alterações na velocidade de avanço do equipamento e conseqüentemente, depositam a mesma quantidade de produto por área. As alterações de pressões podem alterar o comportamento do espectro de gotas durante a pulverização (FAGGION & ANTUNIASSI, 2010; LUND, 2000), podendo interferir na penetração das gotas no dossel bem como proporcionar perdas por deriva, e evaporação dependendo das condições ambientais na qual a aplicação foi realizada.

Frente a essas necessidades, muitas vezes as aplicações não condizem com a eficiência técnico-econômica requerida. Isso faz com que fatores imprescindíveis para o sucesso e racionalização do uso de agrotóxicos não sejam considerados pelos produtores. Neste contexto, objetivou-se avaliar a deposição de calda utilizando um pulverizador equipado com controlador eletrônico de fluxo, em diferentes estratos do dossel na cultura da soja e em diferentes condições climáticas e volumes de aplicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em lavoura comercial de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], no município de Itaqui/RS com coordenadas geográficas (29°18'77,10"; S, 56°57'34,25" W). O clima de região é o Cfa, subtropical, temperado quente, com chuvas distribuídas e estações bem definidas, com temperatura média de 20,3°C e pluviosidade média anual de 1.438 mm, conforme classificação de Koppen. O tipo de solo é caracterizado como Plintossolo argilúvico eutrófico, com declividade média de 3,5% (GASS et al., 2015). A cultivar utilizada foi a Tec 7849 IPRO, de porte médio/alto, ciclo tardio, hábito de crescimento indeterminado, e moderadamente

resistente ao acamamento. A cultura encontrava-se em estágio reprodutivo classificado como R2 segundo Fehr & Caviness (1977), com aproximadamente 70 cm de altura, com uma população média de 210 mil plantas por hectare no momento da realização do trabalho.

O equipamento utilizado para aplicação do produto fitossanitário foi um pulverizador de arrasto da marca Jacto, modelo Advance 3000 Tandem, equipado com controlador eletrônico de fluxo e pontas duplo leque (Magnojet), série AD-IA/D 110/02, antideriva e com indução de ar. O ângulo de abertura das pontas era de 110° e 40° entre leques, com pressões recomendadas de 30 a 110 lbs.pol⁻² e espaçamento entre pontas de 0,5 m. A velocidade de deslocamento foi de 5,5 km.h⁻¹.

O experimento seguiu um esquema fatorial, com delineamento em blocos ao acaso, sendo constituído por 3 horários de aplicações (às 10, 14 e 18 horas), visando obter situações climáticas diferentes; 3 volumes de calda (120, 150 e 180 L.ha⁻¹) resultando nas pressões de trabalho de 20, 35 e 50 lbs.pol⁻² e ainda, 3 estratos do dossel (20, 40 e 60 cm em relação ao solo), a fim de constatar a deposição do produto ao longo do dossel.

As parcelas foram dispostas de modo que cobrissem 12 metros da barra de aplicação, sendo que cada parcela foi delimitada por 3 m de largura no sentido longitudinal à barra e 6 m de comprimento, distanciadas 1 m entre si. No centro de cada parcela, nas respectivas linhas de cultivos, alocou-se suportes com cartões hidrossensíveis, nas diferentes alturas do dossel, totalizando 3 repetições para cada um dos tratamentos.

Para a aplicação foi utilizado o inseticida Trinca Caps® CS (suspensão de encapsulado) (DVA Agro do Brasil), a base de lambda-cialotrina (250 g.l⁻¹), na dose registrada para a cultura visando o controle do percevejo verde da soja [*Nezara viridula* (L., 1758)], ou seja, de 30 mL.ha⁻¹ (AGROFIT, 2016).

Os dados climáticos no momento das aplicações foram 32,1; 35,4; e 30,2 °C (temperatura), de 52,1; 44,0; e 57,3 % UR (umidade relativa) e 5,5; 7,0; e 3,1 km.h⁻¹ para velocidade do vento, respectivamente para o horário das 10, 14 e 18 horas.

No laboratório, os cartões foram digitalizados em escâner digital modelo Perfection V330 Photo (Epson), em resolução de 600 dpi. As imagens

digitalizadas foram analisadas com auxílio do software Gotas (Embrapa/CNPMB). As variáveis analisadas a partir dos dados do software foram: número de gotas, classes de diâmetro, variação (razão entre número de gotas e diâmetros encontrados (%)), densidade de gotas, volume calculado, cobertura e diâmetro médio volumétrico (DMV).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk e à análise de variância, na presença de F significativo, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com o auxílio do software Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos, para as variáveis número de gotas e classes de diâmetro, a interação entre os fatores estudados não foi significativa, evidenciando somente o efeito isolado de cada fator ($p < 0,05$). O estrato superior foi o que apresentou maior número de gotas, (cerca de 3 vezes mais do que o inferior), sendo reduzido a 44,4 e 67,3% nas alturas de 40 e 20 cm respectivamente (Tabela 1).

Observa-se que ao longo do perfil do dossel, há uma elevação da diferença entre os tamanhos de gotas com a profundidade (maior variação), onde poucas gotas atingem a parte inferior e apresentam tamanhos muito variados. Somente 32,3% das gotas que atingem o terço superior, são capazes de penetrar até as camadas inferiores do dossel. Tal efeito pode ser atribuído principalmente à interceptação imposta pela cobertura vegetal, devido à presença e desenvolvimento dos trifólios e maior adensamento ao longo do perfil do dossel vegetal (BAUER, 2002; FARINHA et al., 2009; TORMEN et al., 2012).

O horário responsável por apresentar maior número de gotas foi às 18h (Tabela 1) seguido das 10 e 14h, onde tal comportamento pode estar associado principalmente às condições climáticas no momento da operação. A maior umidade foi observada às 18h (57,3%), porém, somente às 14h foi possível constatar redução significativa no número de gotas e maior variação entre o tamanho destas. Tal fato indica que as gotas neste horário estão mais propensas ao risco de evaporação

Tabela 1. Número de gotas, classes de diâmetro e variação encontrados em diferentes estratos do dossel vegetal de soja em Itaqui/RS

Fator		Número de gotas	Classes de diâmetro (n°)	Variação (%)
Estratos (cm)	60	196,52 A	124,52 A	63,36
	40	109,33 B	72,63 B	66,43
	20	64,30 C	44,41 C	69,07
Horários (horas)	10	119,93 AB	81,63 A	68,06
	14	103,67 B	76,96 A	74,24
	18	146,56 A	82,96 A	56,60
Volume (L.ha ⁻¹)	120	101,67 B	68,48 B	67,36
	150	108,74 B	69,37 B	63,79
	180	159,74 A	103,70 A	64,92
CV (%)		50,9	40,68	

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

devido à temperatura elevada e menor umidade (35,4°C e 44% UR).

O aumento do volume de aplicação foi responsável por incrementar os valores de número de gotas e classes de diâmetro, sendo que o volume de 180 L.ha⁻¹ diferiu significativamente dos demais (Tabela 1). O volume de aplicação exerce influência principalmente sobre o número de gotas, onde maiores volumes demandaram maiores pressões de trabalho, o que pode aumentar o número de gotas e diminuir seu tamanho.

Devido ao controlador eletrônico de fluxo proporcionar no máximo um volume de 200 L.ha⁻¹, não foi possível utilizar pressões acima de 50 lbs.pol⁻², acarretando em maior desuniformidade das gotas quando utilizado menores volumes e consequentemente, menores pressões. Adicionalmente, não foi possível observar diferenças estatísticas entre os volumes de 120 e 150 L.ha⁻¹, onde tal fato pode estar associado à menor pressão utilizada, estando abaixo das recomendações da ponta, em função das características particulares do controlador de fluxo.

A partir dos resultados contidos na Tabela 2, denota-se que no estrato superior e com maior volume de calda, os valores de todas as variáveis foram consideravelmente superiores aos demais estratos, e que o estrato inferior é o mais influenciado, apresentando maior variação quando comparado os demais estratos. Esta desuniformidade, explica-

se em parte em função do tamanho de gotas, em que gotas maiores permanecem mais tempo no ambiente e resistem à evaporação, possibilitando atingir com maior frequência as partes inferiores do dossel vegetativo, bem como pelo vórtice formado durante a aplicação.

Neste sentido, Constantin *et al.* (2012) em estudo avaliando a deposição da calda de pulverização em soja, no estádio V6, também indicaram maior desuniformidade nos estratos inferiores do dossel. Holtz *et al.* (2014) avaliando diferentes arranjos espaciais e populações de plantas sobre a deposição de calda de aplicação em diferentes estratos, revelaram que na parte inferior do dossel, o arranjo que melhor possibilitou os depósitos de gotas foi utilizando semeadura cruzada, além disso, indicaram que a população de plantas não influenciou na deposição de calda.

Considerando a densidade de gotas ao longo do dossel (Tabela 2), é possível verificar que os maiores valores para esta variável foram obtidos no estrato superior e no horário das 14 horas. Houve uma redução de 25,89% entre o primeiro e segundo estrato, seguidos de 55,47% entre o primeiro e último estrato analisado. Porém, somente com o maior volume de calda e no horário das 14 horas foi possível atingir o limite mínimo de densidade de gotas no estrato superior, sendo recomendado pela literatura para aplicações de inseticidas de 30 a 40 gotas.cm⁻² (MATTHEWS, 1979; MONTEIRO,

Tabela 2. Valores de densidade de gotas, volume calculado e % de cobertura em diferentes estratos do dossel vegetal

Horários (horas)	Volume (L.ha ⁻¹)	Densidade de gotas (gotas.cm ⁻²)			Volume calculado (L.ha ⁻¹)			Cobertura (%)		
		Estratos (cm)			Estratos (cm)			Estratos (cm)		
		60	40	20	60	40	20	60	40	20
10	120	0,39 aD*	0,28 aB	0,16 aB	129,93 _{ns}	67,39	26,67	15,70 _{ns}	7,15	3,01
	150	0,47 aD	0,24 aB	0,10 aB	104,17	41,71	14,06	11,60	4,41	1,37
	180	26,91 aAB	17,64 aA	3,56 bAB	172,92	79,54	19,32	20,09	10,17	2,48
14	120	11,78 aCD	6,34 aAB	4,84 aAB	156,94	40,33	32,05	16,68	5,05	3,83
	150	13,92 aBCD	5,81 abAB	2,71 bAB	108,94	34,72	5,61	12,63	4,21	0,90
	180	30,70 aA	11,07 bAB	6,22 bAB	184,58	23,12	17,89	21,10	3,24	2,52
18	120	19,65 aABC	10,89 abAB	7,70 bAB	125,69	56,05	34,28	14,11	6,44	4,13
	150	0,83 bD	12,85 aAB	9,22 abAB	137,04	65,52	25,60	16,77	7,27	3,44
	180	2,34 bD	14,88 aA	14,07 aA	149,27	39,56	29,60	15,48	5,44	4,33
Média Geral		11,87 a	8,88 a	5,40 b	141,05 a	49,77 b	22,79 c	16,02 a	5,93 b	2,89 c
CV (%)		59,9			53,85			49,26		

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns = Não significativo.

2006).

Ao analisar o horário das 10 horas, verifica-se que o maior volume de calda (180 L.ha⁻¹) foi responsável por aumentar a densidade de gotas significativamente em relação aos demais volumes analisados. Adicionalmente, para o mesmo horário, a deposição ao longo do dossel foi mais uniforme para os maiores volumes, diferindo estatisticamente somente para o estrato inferior (20 cm). Quando comparado ao horário das 14 horas, o aumento dos volumes de calda utilizados proporcionou diferenças significativas para a densidade de gotas, principalmente para o estrato superior, onde com 180 L.ha⁻¹ foi possível observar maior densidade de gotas, diferindo estatisticamente dos demais. Já para os estratos de 40 e 20 cm não foi possível constatar tal comportamento, onde a variação da pressão proporcionada pelo controlador de fluxo, não permitiu a ocorrência de diferenças significativas tanto entre os estratos quanto entre os volumes avaliados.

O aumento do volume de aplicação às 18 horas, ainda para a densidade de gotas, apresentou comportamento contrário aos demais horários analisados, com valores significativamente menores para 150 e 180 L.ha⁻¹ do que para 120 L.ha⁻¹

¹, principalmente para o estrato superior. Tal fato pode ser explicado em função da maior umidade relativa do ar neste horário, proporcionando a concentração e a união das gotas, diminuindo os valores de densidade e aumentando seu tamanho. A utilização de maiores volumes de calda exigem alterações de pressão elevando o número de gotas, como apresentado na Tabela 1. Já para os demais estratos (40 e 20 cm) no horário das 18 horas, não houve diferenças significativas tanto entre os estratos como entre os volumes utilizados, ressaltando-se que os valores de densidade de gotas foram maiores em relação ao estrato superior, o que corrobora os menores valores de número de gotas encontrados nos estratos mediano e inferior (Tabela 1).

Neste sentido, o horário das 14 horas foi responsável por apresentar os maiores valores de densidade de gotas, principalmente no estrato superior. Tais efeitos, tanto no horário das 14 como das 18 horas, são explicados em função das condições ambientais, principalmente temperatura e umidade. Estes resultados corroboram o que descrevem Bonini (2003) e Cunha et al. (2010), na qual afirmam haver influência destas condições sobre características físico-químicas da calda e

consequentemente sobre a qualidade da aplicação.

Quanto a variável volume calculado, é possível verificar que os resultados não apresentaram interação entre os fatores analisados, sendo o mesmo comportamento estatístico visualizado para os valores de cobertura. Somente o efeito entre os estratos foi significativo, havendo uma redução de 64,7% entre os estratos superior e mediano, e de 83,8% entre os estratos superior e inferior, para a variável volume calculado e, para a variável cobertura, uma redução de 63,0 e 82,0% nos mesmos estratos, indicando que somente cerca de 18% da área coberta do estrato superior chega a atingir a menor porção do dossel.

Em valores absolutos, constatou-se que o aumento do volume de calda utilizado proporcionou incremento da variável volume calculado e cobertura analisados pelo software. Em contrapartida, a utilização do controlador eletrônico de fluxo associado à menor pressão de trabalho para o volume de 120 L.ha⁻¹ (20 lbs. pol⁻²) proporcionou valores absolutos maiores, possivelmente explicado pelo elevado tamanho de gotas encontrado.

Este resultado indica que conforme a área foliar entre as porções do dossel, o estrato superior é o mais influenciado pelas condições de operação durante a aplicação, e mesmo com aumento do volume de calda, não foi possível obter resultados significativamente diferentes entre os estratos, principalmente devido à elevada área foliar.

Em trabalhos avaliando o depósito e a uniformidade da aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento de soja, Gazziero *et al.* (2006) e Souza *et al.* (2007) indicam decréscimo destas variáveis por unidade de área, em função do aumento da área foliar da cultura. Adicionalmente, Constantin *et al.*, (2012), em trabalho avaliando o desempenho de diferentes pontas submetido ao aumento de pressão de trabalho, proporcionou melhor deposição de calda nos estratos superiores e inferiores em soja, para todas as pontas testadas. No presente estudo, tal comportamento foi observado apenas para a variável densidade de gotas.

Além deste fato, pode-se considerar ainda o tamanho das gotas, onde Antuniassi & Boller (2011) indicam que gotas pequenas e médias possuem maior facilidade de penetração no dossel,

porém não são estáveis no ambiente. Farinha *et al.* (2009), avaliando a deposição de calda de aplicação em duas cultivares de soja, variando a pressão e volume aplicados, constataram que os maiores valores foram encontrados na região apical das plantas, sendo quase 3 vezes maior que na região basal, corroborando os resultados obtidos no presente estudo. Adicionalmente, estes resultados podem estar associados ao fato das gotas menores estarem mais sujeitas ao risco de evaporação e deriva, não atingindo o alvo nos estratos mais basais (ANTUNIASSI & BOLLER, 2011).

Bauer *et al.* (2008) avaliando a deposição de calda em função de diferentes pressões e pontas de pulverização em estádios da soja, apontaram que a assistência de ar, característica também presente no tipo de ponta utilizada neste trabalho, promoveu diferenças na deposição, reforçando que o maior volume da calda possibilitou maior depósito na porção inferior do dossel. Neste sentido, Constantin *et al.* (2012) evidenciaram um aumento da deposição em ambos os estratos pela utilização de pontas anti-deriva, com efeito sobre o volume aplicado e cobertura.

Considerando o diâmetro médio volumétrico (DMV- μm) (Tabela 3), observa-se que nos horários das 10 e 14 horas não foi possível constatar diferenças estatísticas ao longo do dossel da cultura, exceto para o volume de 150 L.ha⁻¹ às 10 horas em que o estrato inferior apresentou gotas menores.

Em contrapartida, no horário das 18 horas, para os volumes de 150 e 180 L.ha⁻¹ o estrato superior apresentou deposição de gotas estatisticamente maiores do que nos demais. Este comportamento pode ser explicado principalmente pelo efeito do ambiente, onde maiores valores de umidade influenciam a deposição na porção superficial do dossel. Em linhas gerais, é possível constatar que o DMV foi reduzido ao longo do dossel, com 31,5 % de redução entre o estrato superior e mediano e, de 39,2% entre o estrato superior e inferior do dossel.

A redução do DMV pode se dar em função das gotas permanecerem mais tempo no ambiente e aumentar o risco de evaporação, até atingir os estratos inferiores, e quando estas atingem, apresentam tamanhos reduzidos. Vale ressaltar que os valores encontrados no presente trabalho,

Tabela 3. Diâmetro médio volumétrico (DMV- μm) encontrado em diferentes estratos, submetidos a diferentes condições de aplicação.

Horários (horas)	Volume (L.ha ⁻¹)	DMV (μm)		
		Estratos (cm)		
		60	40	20
10	120	2900,3 aA	2654,9 aA	3048,9 aA
	150	2536,7 aAB	2411,7 aA	1513,9 bB
	180	991,7 aCD	785,2 aB	665,6 aBC
14	120	1182,2 aCD	699,9 aB	836,4 aBC
	150	936,5 aD	865,1 aB	486,9 aC
	180	1040,5 aCD	712,7 aB	696,9 aBC
18	120	1033,7 aCD	682,3 aB	743,1 aBC
	150	2873,3 aA	1025,8 bB	658,9 bBC
	180	1898,7 aBC	702,6 bB	702,3 bBC
Média Geral		1710,4 a	1171,1 b	1039,2 c
CV (%)			26,33	

*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

são superiores aos valores de DMV encontrados em trabalhos semelhantes (NASCIMENTO et al., 2013; SANTOS, 2005), principalmente em função da utilização do controlador de fluxo que não permitiu utilização de maiores volumes de calda e maiores pressões de trabalho, influenciando assim no DMV das gotas.

Ainda com base na Tabela 3, ressalta-se que os estratos mediano e inferior foram menos influenciados pelos fatores analisados. Nestes estratos, a variação tanto do volume de calda quanto os horários, principalmente as 14 e 18 horas não foram suficientes para promoverem modificações significativas no DMV. Em contrapartida, às 10 horas utilizando menores volumes (120 e 150 L.ha⁻¹), é possível constatar valores de DMV maiores ao longo de todo o dossel (superior, mediano e inferior), devido principalmente ao controlador eletrônico de fluxo, onde as pressões muito baixas acarretam na não abertura do leque de pulverização proporcionando deformidades no padrão de distribuição e tamanho das gotas (CUNHA et al., 2007).

Quando analisado o estrato superior, verifica-se que este é o mais influenciado durante as aplicações. Os maiores valores de DMV foram verificados principalmente no horário das 18 horas,

corroborando os dados apresentados anteriormente de número e densidade de gotas, em que maiores gotas tendem a se unirem formando uma só, sendo tais variáveis inversamente proporcionais.

No horário das 14 horas (menos indicado para pulverização de acordo com condições climáticas), é possível constatar os menores valores de DMV, principalmente com o volume de calda de 150 L.ha⁻¹, não diferindo estatisticamente dos demais volumes utilizados.

Com base nos resultados encontrados, fica evidenciado que somente as menores gotas conseguem atingir os estratos inferiores do dossel. Estes resultados corroboram outros encontrados por diversos autores, na qual indicam que o efeito é causado pela resistência à penetração da calda na cobertura vegetal, maior índice de área foliar e arquitetura da planta (BAUER, 2002; FARINHA, 2009; HOLTZ et al., 2014). Adicionalmente, Santos (2005) aponta que gotas finas e leves tendem a se depositar preferencialmente na parte inferior do dossel, em regiões verticalizadas, enquanto que gotas maiores geralmente se depositam superficialmente no dossel, sobre alvos maiores e horizontalizados.

Outro fator importante e que deve ser considerado, é a relação do DMV e da densidade

de gotas. O tamanho é um dos fatores mais importantes para determinar o número de gotas, bem como a distribuição das mesmas sobre a superfície alvo (ANTUNIASSI & BOLLER, 2011; MADUREIRA *et al.* 2015).

Em estudo avaliando o efeito de diferentes tamanhos de gotas sobre qualidade da aplicação em soja, Olivet *et al.* (2013) não encontraram diferenças entre os tamanhos de gotas na eficiência do controle de percevejos e acrescentam que a densidade de gotas no cartão correlaciona-se com o tamanho destas. Adicionalmente, em trabalhos avaliando a qualidade de aplicação em função do tamanho de gotas, Zhu *et al.* (1994) relatam que gotas acima de 500 µm diminuem o risco de deriva, porém comprometem a deposição e uniformidade da aplicação. A influência do horário de aplicação está fortemente associada aos fatores ambientais no momento da aplicação, sendo que o comportamento da deposição às 14 horas pode ser explicado devido à exposição das gotas a elevadas temperaturas, propiciando a evaporação.

CONCLUSÕES

- A aplicação às 14 horas proporcionou valores de densidade de gotas maiores e menores valores de DMV;
- A utilização de volumes crescentes foi responsável por incrementar os valores das variáveis, porém a utilização de controlador de fluxo de baixo volume não foi eficiente para melhorar os parâmetros avaliados;
- A combinação do horário das 14 horas com maiores volumes de calda proporcionou melhor deposição ao longo do dossel, nas condições nas quais o experimento foi realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ANTUNIASSI, U.R., CAMARGO, T.V., BONELLI, A.P.O., ROMAGNOLE, H.W.C.

Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: III Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 3., 2004, Botucatu. **Anais**, Botucatu: FEPAF, 4p, 2004.

ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: **FEPAF**, p.221-229, 2011.

BAUER, F.C. **Distribuição e deposição da pulverização sob diferentes condições operacionais na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2002. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 2002.

BAUER, F.C.; ALMEIDA, E.; MARQUES, D. C.; ROSSI, T.; PEREIRA, F.A.S. Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.38, n.6, p.1610-1614, 2008.

BONINI, J.V. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2003.

COLBACH, N. Modelling cropping system effects on crop pest dynamics: How to compromise between process analysis and decision aid. **Plant Science**. v.179, p.1-13. 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.4, n.9, Jun. 2017.

CONSTANTIN, J.; SALES, J.G.C.; MACIEL, C.D.G. Característica de deposição e distribuição da calda de pulverização na cultura da soja em estágio fenológico V6. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.32, n.3, p.530-541, 2012.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu**

- controle.** São Paulo: Teejet South América, 1999. Fortaleza, CE, v.44, n.3, p.474-480, 2013.
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.27, n.esp., p.10-15, 2007.
- CUNHA, J.P.A.R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.32, n.5, p.1616-1621, 2008.
- CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, G.S.; REIS, E.F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.665-672, 2010.
- DECARO, R.A.; JUNIOR, S.T.D.; FERREIRA, M.C. Deposit of pesticides without and with adjuvants on citrus seedlings following different intervals of artificial rain. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.46, n.1, p.13-19, jan, 2016.
- FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U.R. Desempenho de pontas de pulverização quanto à indução de ar nas gotas. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, SP, v.25, n.4, p.72-85, 2010.
- FARINHA, J.V.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; DOMINGOS, V.D. Deposição da calda de aplicação em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.39, n.6, p.1738-1744, 2009.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development.** Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa, 11p, 1977.
- GANDOLFO, M.A.; CHECHETO, R.G.; CARVALHO, F.K.; GANDOLFO, U.D.; MORAES, E.D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v.44, n.3, p.474-480, 2013.
- GASS, S.L.B.; SILVA, D.M.; MISSIO, E.; RIBEIRO, D.L. Estruturação do banco de dados e caracterização básica do município de Itaquí, RS, Brasil, para fins de seu Zoneamento Ecológico-Econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 17, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa, PB, p.4073-4081, 2015.
- GAZZIERO, D.L.P.; MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C.; OLIVEIRA NETO, W. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.173-181, 2006.
- GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v.39, p.5183-5193, 2005.
- GIL, M.E.; LLORENS, C.J.; LLOP, J.Y.; QUERALTÓ, M. **Desarrollo de un prototipo para la aplicación variable de productos fitosanitarios en viña. Mejora de la calidad del producto y reducción del riesgo de contaminación ambiental.** Unitat de Mecanització Agrària Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia Universitat Politècnica de Catalunya. Espanya, n.5, p.10-13, 2010.
- HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de pulverização e produtividade de soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, Santa maria, RS, v.44, n.8, p.1371-1376, 2014.
- LUND, I. Sprayer nozzles for precision pesticide application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 2000, Coventry. **Proceedings...** Coventry: EurAgEng, 2000. v.1, p.325-326, 2000.
- MADUREIRA, R.P., RAETANO, C.G., CAVALIERI, J.D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de

pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.19, n.2, p.180-185, 2015.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London, Longman, 334p. 1979.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Agrofitec - **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. 2011. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 Jun. 2017.

MONTEIRO, M.V. **Compêndio de aviação agrícola**. Centro Brasileiro de Bioaeronáutica, Sorocaba, SP, 298p. 2006.

NASCIMENTO, J.K.; GAVASSONI, W.L.; SOUZA, C.M.A.; BACCHI, L.M.A.; SERRA, A.P.; ZACCARON, M.L. Pontas de pulverização e horários de aplicação no controle químico de ferrugem asiática da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v.34, n.5, p.2037-2048, 2013.

OLIVET, J.J.; PICOS, C.D.; VILLALBA, J.; ZERBINO, S. Tecnología de aplicación terrestre para el control de insectos en el cultivo de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.17, n.4, p.450-455, 2013.

OLIVEIRA, A.R.; BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; BLUM, R.; LOPES, A. Fungicidas, doses e volumes de calda no controle químico da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*). **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.27, n.esp., p.48-55, jan. 2007.

SANTOS, J.M.F. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. São Paulo: Instituto Biológico, 2005. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IIIRifib/109-116.pdf>>, Acesso 29 Jun. 2017.

SILVA, F.A.S.E. & AZEVEDO, C.A.V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PALLADINI, L.A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverização pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p.195-202, 2007.

TORMEN, N.R.; SILVA, F.D.L.; DEBORTOLI, M.P.; UEBEL, J.D.; FÁVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Deposição de gotas no dossel e controle químico da *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.16, n.7, p.802-808, 2012.

VIEIRA, R.R. **Tempo de resposta de um controlador eletrônico em sistemas de aplicação a taxas variáveis em pulverizações agrícolas**. Piracicaba. 2013. 78f. Dissertação (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2013.

ZHU, H.; REICHARD, D.L.; FOX, R.D.; BRAZEE, R.D.; OZKAN, H.E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. **Transactions of the ASAE**, v.37, n.5, p.1401-1407, 1994.