

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Morrinhos

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**PULVERIZAÇÃO DE INSETICIDA EM PLANTAS DE SOJA:
DIFERENTES MODELOS DE PONTAS E CONDIÇÕES
ATMOSFÉRICAS**

NATHAN CAMARGO RIBEIRO DE MOURA AQUINO

Morrinhos, Goiás

2017



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**PULVERIZAÇÃO DE INSETICIDA EM PLANTAS DE SOJA:
DIFERENTES MODELOS DE PONTAS E CONDIÇÕES
ATMOSFÉRICAS**

NATHAN CAMARGO RIBEIRO DE MOURA AQUINO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lílian Lúcia da Costa

Morrinhos, Goiás

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

A657p Aquino, Nathan Camargo Ribeiro de Moura.

Pulverização de inseticida em plantas de soja: diferentes modelos de pontas e condições atmosféricas. / Nathan Camargo Ribeiro de Moura Aquino. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2017.

23 f. : il. color.

Orientadora: Dra. Lilian Lúcia Costa.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2017.

1. Tecnologia de aplicação. 2. Pulverização – depósito de calda. 3. *Glycine max*. I. Costa, Lilian Lúcia. II. Instituto Federal Goiano. Curso de Bacharelado em Agronomia. III. Título

CDU 632.95

NATHAN CAMARGO RIBEIRO DE MOURA AQUINO

**PULVERIZAÇÃO DE INSETICIDA EM PLANTAS DE SOJA:
DIFERENTES MODELOS DE PONTAS E CONDIÇÕES
ATMOSFÉRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDA e APROVADA em 16 de janeiro de 2017
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof.^a Dr.^a Flávia Dioinísio Pereira
Membro
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Leonardo Batista Pedroso
Membro
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof.^a Dr.^a Lílian Lúcia Costa
Orientadora
IF Goiano – Campus Morrinhos

Morrinhos, Goiás

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, por me conceder a graça de realizar este objetivo em minha vida. Aos meus pais Elton Lúcio Ribeiro de Moura Aquino e Natalina Divina de Jesus, a minha namorada Jéssica Talita de Marins Cabral a minha irmã Emmily Karen Ribeiro de Moura Aquino, a todos familiares, pelo apoio, amor, carinho, compreensão e incentivo na concretização desse propósito pessoal.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todo zelo, cuidado, oportunidade, capacitação e pela graça de ter me concedido vida e saúde na realização deste curso.

A minha família e minha namorada por acreditar em meu potencial e por auxiliar-me a atingir essa meta.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos por me proporcionar toda a estrutura necessária para efetivar minha graduação.

A Prof.^a Dr.^a Lílian Lúcia Costa pelo respeito, confiança, orientação e incentivo no decorrer deste trabalho, sendo assim, possível a conclusão do mesmo.

Aos meus professores do Ensino Médio, Técnico Agropecuário e Graduação, que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos que conviveram comigo neste período, por toda ajuda, dedicação e superação durante esses anos.

A todos que de forma direta ou indiretamente, contribuíram nessa minha realização particular.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1- INTRODUÇÃO	10
2- MATERIAL E MÉTODOS	11
2.2 Descrições Gerais	11
2.3 Avaliações	12
2.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	12
2.5 Depósito da calda Pulverizada	12
2.6 Espectro de Gotas.....	13
2.7 Tensão Superficial e Ângulo de Contato	14
2.8 Análise estatística	14
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
<i>Depósito da calda pulverizada</i>	<i>15</i>
<i>Espectro de gotas</i>	<i>18</i>
<i>Propriedades físicas da calda: ângulo e tensão superficial</i>	<i>20</i>
4- CONCLUSÕES	22
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

PULVERIZAÇÃO DE INSETICIDA EM PLANTAS DE SOJA: DIFERENTES MODELOS DE PONTAS E CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

RESUMO

Objetivou-se com o experimento avaliar a qualidade da pulverização por meio do depósito de calda proporcionado por diferentes modelos de pontas, em duas condições atmosféricas de aplicação. O mesmo foi realizado na área experimental da UEG de Ipameri na safra 2015/16 e na Unesp Jaboticabal. Foram realizadas quatro avaliações relacionadas à qualidade da pulverização: depósito de calda, espectro de gotas (Diâmetro Mediano Volumétrico, o Coeficiente de Uniformidade das gotas pulverizadas e a porcentagem de volume composto em gotas com diâmetros menores que 100 μm), tensão superficial e ângulo de contato. Os tratamentos foram constituídos por três modelos de pontas (AXI Twin 12002, JTT 110015 e JAI 120015) e dois horários de aplicação (entre as 14:00 e 16:00 hs e entre as 8:00 e 09:30 hs). Os modelos de pontas estudados proporcionam depósito de calda semelhante na porção superior das plantas de soja. No entanto, o modelo de ponta JAI 120015 produz espectro de gotas mais uniforme e é mais seguro do que o modelo AXI Twin 12002 e JTT 110015 nas aplicações com maior risco potencial de deriva. Há necessidade de estudar alternativas que incrementem os depósitos da pulverização na porção inferior da cultura, visto que no presente estudo a uniformidade de distribuição da calda nas porções da planta da soja foi baixa e as condições atmosféricas ocorridas não proporcionaram incremento no depósito da calda pulverizada.

Palavras-chave: Depósito de calda. Inseticida. Tecnologia de aplicação. Condição climática. Horário de aplicação. Produto fitossanitário.

SPRAYING OF INSECTICIDE IN SOYBEAN PLANTS: DIFFERENT TIMELINE MODELS AND ATMOSPHERIC CONDITIONS

ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the quality of the spray by means of the deposit of syrup provided by different models of tips, in two atmospheric conditions of application. The same was done in the experimental area of Ipameri UEG in the crop 2015/16 and Unesp Jaboticabal. Four evaluations related to spray quality were performed: syringe deposit, droplet spectrum (Volumetric Medium Diameter, Uniformity Coefficient of spray droplets and percentage of droplet volume with diameters less than 100 μm), surface tension and angle of contact. The treatments consisted of three models of tips (AXI Twin 12002, JTT 110015 and JAI 120015) and two application times (between 14:00 and 16:00 and between 08:00 and 09:30 hours). The tip models studied provide similar deposit of syrup in the upper portion of the soybean plants. However, the JAI 120015 tip model produces more uniform droplet spectra and is safer than the AXI Twin 12002 and JTT 110015 in applications with the highest potential drift risk. It is necessary to study alternatives that increase spray deposits in the lower portion of the crop, since in the present study the distribution uniformity of the syrup in the portions of the soybean plant was low and the atmospheric conditions did not provide an increase in the spray deposit.

Keywords: Deposit of syrup. Insecticide. Application technology. Climatic condition. Application time. Phytosanitary product.

1- INTRODUÇÃO

A adequação da tecnologia de aplicação é uma ferramenta importante no manejo dos organismos-alvos na cultura da soja. Entretanto, sabe-se que a aplicação de produtos fitossanitários por pulverização é um processo dinâmico com inúmeras oportunidades para a perda do ingrediente ativo (AL-SARAR et al., 2006).

Um dos desafios está relacionado ao aumento da penetração e depósito das gotas pulverizadas na porção inferior das plantas, região na qual pragas e doenças têm maior preferência para alimentação e início do processo infeccioso, respectivamente. Outro desafio é ajustar a tecnologia de aplicação às condições climáticas diversas das áreas produtoras do país para reduzir perdas por deriva e evaporação.

De acordo com Cunha et al. (2011), a escolha correta do modelo da ponta de pulverização que proporcione gotas de diâmetros ideais de acordo com o alvo e com as condições climáticas no momento da aplicação, pode contribuir para o aumento da penetração e depósito dos produtos fitossanitários.

Estudando a penetração de gotas no dossel de plantas de amendoim Zhu et al. (2004), avaliaram o desempenho de quatro tipos de pontas de pulverização (jato cônico vazio, jato duplo, jato plano convencional e com indução de ar), obtendo uma elevada deposição no interior das plantas pela ponta com indução de ar. Por outro lado, em trabalho realizado por Guler et al. (2007), os autores relataram que as características de pulverização e o potencial de redução da deriva de pontas com indução de ar eram semelhantes às pontas convencionais com tamanhos de orifício equivalentes operados a pressões próximas.

Alguns autores constataram maior depósito e cobertura do dossel da planta de soja quando se empregaram pontas que geram gotas de menor diâmetro (HALLEY et al., 2008; DI OLIVEIRA et al., 2010; ALVES & CUNHA, 2011).

De acordo com Yu et al. (2009) o diâmetro de gotas é reconhecido como um dos parâmetros mais importantes que influenciam no controle do organismo-alvo. A utilização de gotas finas geralmente é recomendada quando é necessária maior cobertura e penetração no dossel das plantas. Embora o espectro de gotas finas relacione com a eficiência de controle, há outros fatores que devem ser considerados, como por exemplo, horário de aplicação.

O horário da aplicação também tem grande influência na qualidade da pulverização, principalmente quando se faz uso de gotas finas ou em condições climáticas adversas para

aplicação. Vários pesquisadores afirmaram que gotas finas, principalmente àquelas com diâmetros menores que 100 μm , são mais propícias à perdas por deriva e evaporação, reduzindo a eficiência dos depósitos da aplicação e aumentando os riscos de contaminação ambiental, principalmente sob condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar (GIL & SINFORT, 2005; NUYTENS et al., 2006; MATTHEWS, 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade da pulverização por meio do depósito da calda proporcionado por diferentes modelos de pontas, em duas condições atmosféricas de aplicação.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.2 Descrições Gerais

O experimento foi instalado durante a safra 2015/16 em área experimental da Universidade Estadual de Goiás Unidade Universitária de Ipameri, localizado a 17° 43' S, 48° 08' O com altitude de 795 metros e pluviosidade média durante a safra foi de 243,10 milímetros, com o plantio da cultura da soja, cultivar da Embrapa “BRS Valiosa RR”.

A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto, utilizando-se o espaçamento de 0,5 m entrelinhas, densidade de 18 sementes por metro de sulco e estande final de 220.000 plantas de soja por hectare. Cada unidade experimental foi constituída por oito linhas de seis metros de comprimento.

Os tratos culturais e aplicações de produtos fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações indicadas pela Embrapa (2011) para a cultura da soja. A vazão e pressão das pontas utilizadas foram ajustadas para se obter o volume de 140 L ha⁻¹.

Nas aplicações do produto fitossanitário de ingrediente ativo Acetamiprido e Alfa-cipermetrina (Fastac Duo[®], 100 e 200 g i.a. L⁻¹, SC, Basf) a 0,3 L p.c. ha⁻¹ + Óleo mineral (Assist[®], 756 g i.a. L⁻¹, CE, Basf) a 0,5% v v⁻¹, foi utilizado um pulverizador pressurizado a CO₂, com barra de pulverização com quatro bicos espaçados de 0,50 m, equipados com os modelos de pontas de pulverização AXI Twin 12002 (jato plano duplo), JTT 110015 (jato plano por defledepleção), JAI 120015 (jato plano com indução de ar).

2.3 Avaliações

Foram realizadas quatro avaliações relacionadas à qualidade da pulverização: depósito de calda, espectro de gotas, tensão superficial e ângulo de contato.

2.4 Delineamento experimental e tratamentos

Nas avaliações do depósito da calda pulverizada, o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial (3x2) e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três modelos de pontas (AXI Twin 12002, jato plano duplo; JTT 110015, jato plano simples e JAI 120015, jato plano com indução de ar) e dois horários de aplicação (período entre as 14:00 e 16:00 hs e entre as 8:00 e 09:30 hs).

Nas avaliações do espectro das gotas pulverizadas, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e doze repetições. Os tratamentos foram representados pelos modelos de pontas, com a calda e pressões utilizadas nas aplicações realizadas à campo.

Nas avaliações da tensão superficial e ângulo de contato foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram constituídos pela calda utilizada no campo e duas testemunhas (água ultrapura, sem presença de nenhum composto químico obtida pelo equipamento Purelab e água de abastecimento público). Cada unidade experimental foi constituída por uma gota.

2.5 Depósito da Calda Pulverizada

Para quantificar o depósito da calda pulverizada adicionou-se à calda um marcador metálico formulado à base de sulfato de cobre (25% de Cu^{2+}) na concentração de 10 g L^{-1} . Após as aplicações da calda com o marcador coletou-se, em duas plantas por parcela um folíolo de soja na porção superior e outro na porção inferior da planta.

De acordo com o método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), as amostras foram colocadas em sacos de polietileno, aos quais foram adicionados 100 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) $0,2 \text{ mol L}^{-1}$, seguindo-se repouso por 60 minutos para extração do sal aplicado.

Posteriormente, o íon metálico recuperado foi quantificado em espectrofotômetro de

absorção atômica e os folíolos coletados foram lavados e digitalizados para estimar a área foliar por meio de um medidor de área foliar. As concentrações em $\mu\text{g mL}^{-1}$ de cobre obtido das leituras do espectrofotômetro foram relacionadas às áreas foliares medidas, e posteriormente transformadas em volume por unidade de área ($\mu\text{L cm}^{-2}$) através da expressão matemática:

$$C_i.V_i = C_f.V_f$$

Em que:

C_i = concentração inicial na calda de aplicação (mg.L^{-1});

V_i = volume retido pelo alvo (mL);

C_f = concentração detectada em densidade óptica (mg.L^{-1}); e

V_f = volume de diluição da amostra de cada planta (mL).

O produto dessa expressão matemática foi multiplicado por 1.000 para transformação do volume retido pelo alvo de mL para μL por folíolo de soja, e dividido pela área foliar do respectivo folíolo.

2.6 Espectro de Gotas

Os parâmetros avaliados do espectro de gotas produzidos por cada modelo de ponta foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), o coeficiente de uniformidade das gotas pulverizadas (Coef. Unif.) e a porcentagem de volume em gotas com diâmetros menores que $100 \mu\text{m}$ ($\% < 100 \mu\text{m}$).

O diâmetro das gotas foi determinado por difração de raio laser durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem de um analisador de tamanho de partículas (Mastersizer, Malvern Instruments Limited), ajustado para avaliar gotas de $0,5$ a $900 \mu\text{m}$. O coeficiente de uniformidade foi obtido por meio da equação 1:

$$\text{Coef. Unif.} = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad (1)$$

Em que: Coef. Unif. = Coeficiente de Uniformidade (adimensional); $Dv_{0,1}$ e $Dv_{0,9}$ referem-se ao diâmetro da gota (μm), tal que 10 e 90%, respectivamente, do volume

aspergido é composto por gotas de diâmetro inferior a ele; $Dv_{0,5}$ refere-se ao diâmetro mediano volumétrico (DMV).

A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro das gotas por difração de raio laser foram processados e tabelados diretamente pelo programa Mastersizer S[®], versão 2.19.

Os três modelos de pontas foram instaladas em um transportador radial posicionado a 0,4 m do feixe do laser de acordo com normas da Food and Agriculture Organization (FAO, 1998). Foram analisadas três amostras de cada modelo de ponta utilizado neste estudo e, para cada uma delas foram realizadas quatro repetições das leituras dos jatos aspergidos, totalizando doze (12) repetições por tratamento.

2.7 Tensão Superficial e Ângulo de Contato

As gotas constituídas pela calda pulverizada à campo e testemunhas foram formadas com o auxílio de microsseringa graduada com capacidade para 500 μL , dispensando-se volumes de aproximadamente 5 μL para cada repetição.

As medições da tensão superficial e ângulo de contato de cada tratamento foram realizadas a cada segundo durante um minuto, por meio de um tensiômetro automático equipado com câmera digital de alta velocidade e definição e, o *software* SCA20, utilizado para a automação do equipamento e avaliação das imagens obtidas, empregando o método da gota pendente para determinar a cinética da tensão superficial e o método da gota séssil para determinar o ângulo de contato.

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos (depósito, parâmetros do espectro de gotas, tensão superficial e ângulo de contato), após confirmação dos pressupostos de normalidade do resíduo (Shapiro-wilk) e homogeneidade de variâncias (Cochran), foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e, quando significativo ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Para análise estatística dos dados de tensão superficial e ângulo de contato das caldas foram considerados apenas os dados obtidos nos tempos um, trinta e sessenta segundos que caracterizam o início, o meio e o final da avaliação da cinética da tensão superficial e ângulo de contato de cada tratamento.

Calculou-se também a diferença do depósito obtido pelos diferentes modelos de pontas e horários na porção superior em relação a porção inferior, tornando-se como 100% o depósito obtido na porção superior e por regra de três encontrou-se a porcentagem equivalente ao depósito obtido na porção inferior.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depósito da calda pulverizada

A arquitetura da planta de soja impõe barreiras à penetração das gotas de pulverização no dossel da planta no momento da aplicação. Assim, é esperado que o depósito da calda na porção superior das plantas seja maior do que na porção inferior como foi observado no presente estudo, independente do modelo da ponta e da condição climática no momento da aplicação (Tabela 1).

Este resultado corrobora com o de vários pesquisadores que também relataram irregularidade na distribuição da calda no dossel das plantas de soja, com depósitos na porção inferior significativamente menor aos obtidos na porção superior (PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011; COSTA et al., 2015).

Souza et al. (2007) afirmam que além da sobreposição das folhas existentes no caminho da gota, também, há possibilidade de perdas por evaporação e/ou deriva das gotas menores, em condições ambientais adversas e pela maior distância percorrida, implicam em menor número de gotas nesta parte da planta e, conseqüentemente, em irregularidade no volume depositado.

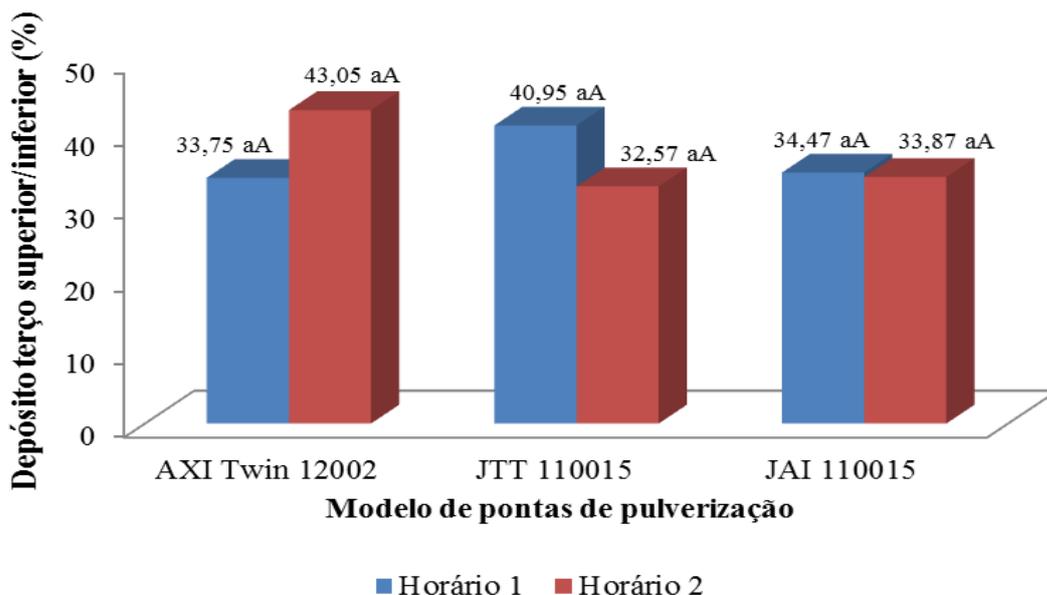
Tomando-se como cem por cento (100%) o depósito da calda proporcionado pelos diferentes modelos de pontas na porção superior em relação ao depósito na porção inferior, observa-se que nenhum dos modelos de pontas, nos dois horários em que foram realizadas as aplicações, diminuiu a diferença do depósito entre as porções da planta (Figura 1). Ou seja, as gotas produzidas por todos os modelos testados tiveram dificuldade de atravessar a barreira imposta pela massa de folhas do terço superior.

Em trabalho semelhante, mas com plantas de batata, Vučajnk & Bernik (2012) avaliando o depósito nos terços da planta proporcionado por pontas de pulverização do tipo jato plano simples, jato plano duplo, jato plano com indução de ar e jato cônico, os autores verificaram que, pontas com indução de ar proporcionaram menor redução no valor de depósito da parte superior para inferior em relação aos demais tipos de pontas.

Tabela 1. Depósito de calda em diferentes condições atmosféricas de aplicação, nas porções superior e inferior de plantas de soja, com diferentes modelos de ponta. Ipameri, GO, 2015/16.

Depósito da calda de pulverização ($\mu\text{l cm}^{-2}$)						
Modelo de ponta	¹ Condição atmosférica 1			¹ Condição atmosférica 2		
	32 °C	45%	2 a 5 km h ⁻¹	30 °C	60 %	0 a 2 km h ⁻¹
	Superior		Inferior	Superior		Inferior
AXI Twin 12002	0,47 a A α		0,15 a B β	0,46 a A α		0,19 a B β
JTT 110015	0,58 a A α		0,20 a B β	0,48 a A α		0,16 a B β
JAI 120015	0,71 a A α		0,23 a B β	0,44 a A θ		0,13 a B γ
Teste F (Comparação modelo de pontas vs porção da planta - alfabeto latino)						
	¹ Condição atmosférica 1			¹ Condição atmosférica 2		
	32°C	45%	2 a 5 km h ⁻¹	30 °C	60 %	0 a 2 km h ⁻¹
Modelo de ponta (MP)	2,63 ^{ns}			0,77 ^{ns}		
Porção da planta (PP)	46,44**			95,89**		
MP x PP	0,69 ^{ns}			0,36 ^{ns}		
CV (%)	36,52			24,47		
Teste F (Comparação modelo de pontas vs condição atmosférica - alfabeto grego)						
	Porção superior			Porção inferior		
	0,88 ^{ns}			0,04 ^{ns}		
Modelo de ponta (MP)	3,12 ^{ns}			1,78 ^{ns}		
Condição atmosférica (CA)	1,24*			3,18*		
MP X CA	32,58			34,02		
CV (%)						

¹ Condições atmosféricas 1 e 2 obtidas nos respectivos intervalos de horário de aplicação das 14:00 às 16:00 h e das 08:00 às 09:30 h, em que: (°C) Temperatura em graus célsius; (%) Umidade relativa em porcentagem; (km h⁻¹) Velocidade Vento em quilômetros por hora. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (alfabeto latino) e, letras maiúsculas na linha (alfabeto latino) e letras do alfabeto grego nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05). Pelo teste F: ^{ns} não significativo; *significativo (p<0,05); **significativo (p<0,01). CV (%): coeficiente de variação.



Médias seguidas de mesma letra minúscula no mesmo horário e maiúscula em horários diferentes não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 1: Porcentagem do depósito de calda obtido pela relação do terço superior e inferior em plantas de soja. Ipameri, 2015/16.

Ao comparar, entre os diferentes modelos de pontas, o depósito da calda proporcionado tanto na porção superior quanto na porção inferior das plantas, nas duas condições atmosféricas, verifica-se que não houve diferenças significativas entre eles (Tabela 1).

O modelo de ponta AXI Twin 12002 produz jato plano duplo e espectro de gotas fino, JTT 110015 produz jato plano simples e espectro de gotas médias e JAI 120015 produz jato plano com indução de ar e espectro de gotas médias (Tabela 2). Baseando-se nestas informações e em outros trabalhos, em que se concluiu que ocorre maior depósito de gotas finas na porção inferior das plantas quando comparadas a gotas medianas ou grossas era esperado que o modelo de ponta AXI Twin, por produzir espectro de gotas fino proporcionasse maior depósito da calda nas partes superior e/ou inferior da planta em relação aos outros modelos estudados.

Ao relacionar o depósito obtido pelos diferentes modelos de pontas com condições atmosféricas, em cada porção da planta, observou-se que não houve diferenças significativas para os modelos AXI Twin 12002 e JTT 110015, tanto na porção superior quanto inferior (Tabela 1) (Comparação com letras do alfabeto grego). Já o modelo de ponta JAI 120015, proporcionou maior depósito de calda, nas porções superior e inferior no horário 1, correspondente ao período das 14:00 às 16:00 hs (Tabela 1).

Como condições favoráveis para uma aplicação, Nuyttens et al. (2006) afirmam que maior umidade relativa do ar e menor temperatura e velocidade do vento reduz os riscos de perda por deriva e evaporação seja qual for a tecnologia de aplicação utilizada. Assim, o esperado era que o depósito das gotas gerados pelos diferentes modelos de pontas fossem maior na condição atmosférica 2 (Temperatura 30 °C, Umidade relativa 60% e velocidade do vento de 0 a 2 km.h⁻¹) correspondente ao período das 08:00 às 09:30 h (Tabela 1) do que na condição atmosférica 1 (Temperatura 32 °C; Umidade relativa 45% e Velocidade do vento 2 a 5 Km h⁻¹), correspondente ao período das 14:00 às 16:00 hs.

É possível que a ausência de ventos praticamente durante todo o tempo das aplicações realizadas na condição atmosférica 2, contribuíram para este resultado. Sabe-se que a ausência de vento é prejudicial devido a maior chance de ocorrer inversão térmica ou de não haver energia suficiente para a deposição das gotas, principalmente quando estas são finas ou muito finas.

Espectro de gotas

Pelos valores do diâmetro mediano volumétrico (DMV) obtidos para os diferentes modelos de pontas, verifica-se pela análise estatística que diferiram entre si (Tabela 2). Mas, de acordo com a American Society of Agricultural & Biological Engineers (ASABE, 2009), existe um padrão de classificação dos espectros das gotas produzidos pelas pontas em uma pulverização. Assim, tem-se classe extremamente fina (<60 µm), muito fina (61-105 µm), fina (106-235 µm), média (236-340 µm), grossa (341-403 µm), muito grossa (404-502 µm), extremamente grossa (503-665 µm) e ultra grossa (>665 µm).

Conforme o padrão de classificação da ASABE (2009), o espectro das gotas produzidos pelos modelos estudados estão classificados nas classes fina (AXI Twin 12002) e média (JTT 110015 e JAI 120015) (Tabela 2). Este resultado não era esperado para o modelo JAI 120015. Na pressão em que foi realizado o experimento, este modelo, deveria produzir gotas grossas de acordo com a indicação do fabricante.

Cabe ressaltar que as avaliações para classificação do espectro de gotas produzidos pelos diferentes modelos de pontas disponíveis no mercado são mensurados com água. No presente experimento, estas medições foram realizadas com calda inseticida, na qual foi adicionado também um adjuvante. Conforme já discutido (tabela 1), as propriedades físicas da

água foram alteradas com a adição dos produtos fitossanitários e, o espectro de gotas também se torna passível de modificações.

Tabela 2. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV) (μm), da porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro menor ou igual a 100 micrometros ($\% \leq 100 \mu\text{m}$) e do coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.) das gotas pulverizadas por diferentes modelos de pontas de pulverização. Jaboticabal, SP, 2016.

Modelos de pontas	DMV (μm)	% < 100 μm	Coef. Unif.
AXI Twin 12002	186,68 c	13,49 b	2,09 b
JTT 110015	261,07 b	15,41 b	1,45 a
JAI 120015	285,23 a	12,46 a	1,46 a
F	2.216,52**	33,84**	391,75**
DMS	3,78	0,92	0,06
CV (%)	1,55	6,76	3,85

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS: Diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação, ** Teste F significativo ($p < 0,01$).

Alguns autores citam que um dos fatores que indicam o risco de deriva de uma ponta é a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm (ARVIDSSON et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015). Entre os modelos de pontas testados, o JAI 110015 proporcionou menor porcentagem de gotas com diâmetro igual ou inferior a 100 μm , sugerindo que este modelo ofereça maior segurança nas aplicações com relação aos demais quanto ao risco de deriva (Tabela 2).

Este resultado se justifica porque o modelo de ponta JAI 120015 é considerado redutor de deriva, pois apresenta indução de ar, ou seja, utiliza o princípio Venturi, tendo como resultado a formação de gotas de maior diâmetro em relação aos demais modelos estudados, as quais normalmente apresentam menor risco de deriva por reduzir de forma significativa o volume pulverizado de gotas de diâmetro inferior a 100 μm .

O coeficiente de uniformidade expressa à uniformidade do espectro das gotas pulverizadas. Neste estudo, o modelo de ponta AXI twin 12002 apresentou maior coeficiente de uniformidade em relação aos demais modelos testados, indicando produção de gotas mais heterogêneas (Tabela 2). Quanto maior o valor do coeficiente de uniformidade, maior será a

faixa de tamanho das gotas pulverizadas, ou seja, menor é a uniformidade do espectro de gotas produzido.

Propriedades físicas da calda: ângulo e tensão superficial

A adição do inseticida na calda reduziu em torno de 50% a tensão superficial da água ao final da avaliação (Tabela 1). Essa redução da tensão superficial deve-se, provavelmente, à atuação do adjuvante Óleo mineral (Assist[®], 756 g i.a. L⁻¹, CE, Basf), o qual foi adicionado à calda.

Tabela 3. Valores iniciais, médios e finais (1s, 30s e 60s) das medições de tensão superficial em função dos tratamentos. Jaboticabal, SP, 2016.

Tratamentos	Tensão superficial (mNm ⁻¹)		
	Tempo (segundos)		
	1s	30s	60s
¹ Acetamiprido e Alfa-cipermetrina + Óleo mineral	59,00 b	42,21 a	38,73 a
Água ultrapure	80,20 a	80,74 b	79,42 b
Água de abastecimento public	81,03 a	84,86 b	85,17 b
F	26,20**	140,67**	108,99**
DMS	8,70	7,07	8,36
CV(%)	9,40	8,10	9,99

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS: Diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação, ** Teste F significativo ($p < 0,01$). ¹Acetamiprido e Alfa-cipermetrina (Fastac Duo[®], 100 e 200 g i.a. L⁻¹, SC, Basf) a 0,3 L p.c. ha⁻¹ + Óleo mineral (Assist[®], 756 g i.a. L⁻¹, CE, Basf) a 0,5% v v⁻¹.

Redução na tensão superficial da água por adjuvantes já foi demonstrado em várias pesquisas que avaliavam os efeitos de adjuvantes nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização (IOST & RAETANO, 2010, DECARO JR. et al., 2015). Entretanto, deve-se considerar também que na própria formulação do inseticida utilizado haja compostos que alterem as propriedades físico-químicas da calda.

A tensão superficial é uma importante propriedade da calda de pulverização porque a maior retenção ou adesividade dos produtos fitossanitários na superfície foliar é consequência

de maior molhabilidade, a qual ocorre em função da maior área de contato obtida pela redução da tensão superficial (TANG et al., 2008; XU et al., 2011). Portanto, a tensão superficial das gotas e sua interação com a superfície alvo influenciam não só a molhabilidade, mas também no processo de absorção dos produtos fitossanitários, que é fundamental para a eficiência da aplicação.

De acordo com Iost e Raetano (2010), existe uma forte relação entre a tensão superficial e o ângulo de contato das gotas. Qualquer composto, ao diminuir a tensão superficial da água, aumenta a superfície de contato da gota e, portanto, produz maior espalhamento do líquido, diminuindo o ângulo de contato do líquido com a superfície. Fato este constatado no presente experimento, em que na calda com o inseticida, menor valor de ângulo de contato foi observado em relação à água ultrapura ou água de abastecimento público (Tabela 4).

Tabela 4. Valores iniciais, médios e finais (1s, 30s e 60s) das medições de ângulo de contato (θ°) de gotas em superfície artificial (vidro) em função dos tratamentos. Jaboticabal, SP, 2016.

Tratamentos	Ângulo de contato (θ°)		
	Tempo (segundos)		
	1s	30s	60s
Acetamiprido e Alfa-cipermetrina + Óleo mineral	91,82 b	78,77 a	73,90 a
Água ultrapure	109,56 a	108,78 b	104,81 b
Água de abastecimento public	111,83 a	110,82 b	109,98 b
F	191,12**	489,11**	371,71**
DMS	2,82	2,85	3,65
CV (%)	2,15	2,28	3,00

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS: Diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação, ** Teste F significativo ($p < 0,01$).

4- CONCLUSÕES

Os modelos de pontas estudados podem ser utilizadas quando o alvo se encontra no terço superior da planta de soja.

O modelo de ponta JAI 120015 produz espectro de gotas mais uniformes e é mais seguro do que o modelo AXI Twin 12002 e JTT 110015 nas aplicações com maior risco potencial de deriva.

Há necessidade de estudar outras alternativas que incrementem os depósitos da pulverização, principalmente na parte inferior da cultura.

A uniformidade de distribuição da calda, proporcionada pelos modelos de pontas estudados na cultura da soja foi baixa.

A condição atmosférica de aplicação não proporcionou incremento no depósito da calda pulverizada.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SARAR, A.; HALL, F. R.; DOWNER, R. A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH). **Pest Management Science**, v. 62, n. 11, p. 1023-1031, 2006.

ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Deposição de calda em diferentes posições da planta e produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com o uso de barra auxiliar de pulverização. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pesticide Management Science**, v.67, n. 5, p.586-598, 2011.

ASABE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. S572.1. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASABE Standard, MAR2009. St. Joseph, 2009. p. 1-3. <https://pubs.ext.vt.edu/442/442-031/442-031_pdf.pdf>

COSTA, L. L.; FERREIRA, M. C.; CAMPOS, H. B. N.; CARVALHO, G. G. F.; BARBOSA, J. C. The mixture sprayed by hydraulic and centrifugal energy nozzles for the control of Asian soybean rust. **Acta Scientiarum: agronomy**, v. 37, n. 4, p. 425-433, 2015.

CUNHA, J.P.A.R.; FARNESE, A.C.; OLIVET, J.J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n.2, p. 343-351, 2011.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O. Physical characteristics of oily spraying liquids and droplets formed on coffee leaves and glass surfaces. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 588-600, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n3p588-600/2015>>.

DI OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.1, p.92-99, 2010.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistemas de produção 15: tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa soja/ Embrapa Cerrados/ Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural pesticide sprayers**. Rome, 1998. p. 62, v.2.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 28; p. 5183-5193, 2005.

GULER, H.; ZHU, H. E.; KERKSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. **Transaction of the ASABE**, v. 50, n.3, p. 745-754, 2007.

HALLEY, S.; VAN EE, G.; HOFMAN, V.; PANIGRAHI, S.; GU, H.; Fungicide deposition measurement by spray volume, drop size and sprayer system in cereal grains. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 24, n. 1, p. 15-21, 2008.

IOST, C.A.R.; RAETANO, C.G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n.4, p. 670-680, 2010.

MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, v. 28, n.1, p. 19-24, 2008.

NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; STEURBAUT, W., BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.; RAMON, H.; SONCK, B.; Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, part 1: meteorological conditions. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v.77, n. 2, p. 321-329, 2006.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; **Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000100109>.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-21, 2003.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

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

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, USA, v. 325, n. 1, p. 223-227, 2008.

VUČAJNK, F.; BERNIK, R. Improved quality of fungicide deposition and coverage of potato leaves using flat fan air-injector nozzle IDK. **Acta agriculturae Slovenica**, v. 99, n. 2, p. 151-164. 2012.

XU, L., ZHU, H., OZKAN, E., BAGLEY, B., KRAUSE, C.R. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with the type and concentration of adjuvants. **Pest Management Science**, v. 67, n.7, p. 842-851, 2011.

YU, Y.; ZHU, H.; FRANTZ, J.; REDING, M. E.; CHAN, K. C. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2009.

ZHU, H.; DORNER, J.W.; ROWLAND, D.L.; DERKSEN, R.C.; OZKAN, H.E. **Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips**. *Biosystems Engineering*, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.