

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ROXANA STEFANE MENDES NASCIMENTO

**DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA E ESPECTRO DE GOTAS NO CONTROLE
QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

ROXANA STEFANE MENDES NASCIMENTO

**DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA E ESPECTRO DE GOTAS NO CONTROLE
QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Lino Roberto Ferreira

Coorientador: Laércio Zambolim

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

N244d Nascimento, Roxana Stefane Mendes, 1982-
2020 Distribuição volumétrica e espectro de gotas no controle
químico da ferrugem asiática da soja / Roxana Stefane Mendes
Nascimento. – Viçosa, MG, 2020.
93 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Lino Roberto Ferreira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Soja - Doenças e pragas - Controle. 2. Ferrugem-da-soja.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 633.3494

ROXANA STEFANE MENDES NASCIMENTO

**DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA E ESPECTRO DE GOTAS NO CONTROLE
QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2020.

Assentimento:



Roxana Stefa e Mendes Nascimento
Autora



Lino R berto Ferreira
Orientador

DEDICO

Aos meus pais Severino e Oberes pelo amor, dedicação, cuidado e apoio em todas as etapas da minha vida. Aos meus irmãos Romero e Ramon pelo amor, carinho, compreensão e cuidado que sempre me dedicaram. As minhas sobrinhas pelas alegrias que trouxeram para as nossas vidas.

Meu amor eterno e incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela presença constante em minha vida.

Aos meus pais Severino e Oberes, pelo exemplo de caráter e honestidade, dedicação e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos Romero e Ramon pela dedicação e carinho.

Ao professor Lino Roberto Ferreira pela orientação, conselhos, confiança e amizade.

Ao professor Laércio Zambolim pela orientação, ensinamentos e apoio durante a execução do trabalho.

Ao amigo Douglas Ferreira Parreira pelos conselhos e apoio.

A Miler Soares Machado e aos professores Paulo Roberto Cecon, Humberto Santiago, Carlos Eduardo Magalhães dos Santos e Marconi Ribeiro Furtado Junior pelas contribuições e sugestões.

Aos funcionários do Vale da Agronomia, em especial Luiz, Paulo e Júlio.

Aos amigos do grupo de pesquisa Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) do departamento de Fitotecnia.

Aos amigos do laboratório de Proteção de Plantas do departamento de Fitopatologia.

Aos amigos Pedro Luid, Juliana, Danilo, Rafael e Jossimara pela valiosa ajuda.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do doutorado.

A todos que, de alguma forma, participaram da realização deste trabalho.

RESUMO

NASCIMENTO, Roxana Stefane Mendes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Distribuição volumétrica e espectro de gotas no controle químico da ferrugem asiática da soja.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Coorientador: Laércio Zambolim.

A ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) é responsável por reduções significativas de produtividade, o que torna necessário a utilização de medidas de controle rápidas e eficazes. A aplicação de fungicida é o principal método de controle da ferrugem asiática, devido à ausência de cultivares de soja resistentes a esta doença. Embora existam produtos eficientes para o controle desta doença, a eficácia dos mesmos depende da tecnologia de aplicação adotada. Sabe-se que a cobertura resultante da aplicação de fungicida sobre o dossel da cultura da soja é desuniforme, principalmente no terço inferior da planta, onde se observa os primeiros sintomas da doença, e isso pode acarretar baixa eficácia no controle, mesmo com a utilização de produtos sistêmicos. Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica, a eficiência dessas pontas e diferentes volumes de calda na deposição de gotas e cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja em três estádios fenológicos distintos, assim como o controle da ferrugem asiática e a produtividade de grãos em função da aplicação da mistura comercial de ingrediente ativo trifloxistrobina + protioconazol (FOX®) com as diferentes pontas de pulverização e volumes de calda. Foram realizados três experimentos, um em laboratório e dois em condições de campo. No laboratório foram avaliadas seis pontas de pulverização (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, GRD120-02, 30HCX 12 e GAT11002) cada uma em três pressões de trabalho (3, 4 e 5 bar). Foram avaliadas as seguintes variáveis: $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ (DMV), $Dv_{0,9}$, amplitude relativa, gotas menores que 100 μm , com diâmetro entre 100 e 250 μm , e por gotas maiores que 250 μm . Em condições de campo, por dois anos consecutivos, avaliaram-se seis pontas de pulverização (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, 30HCX 12, GRD120-02 e GAT11002) e seis volumes de calda (50 L ha⁻¹; 100 L ha⁻¹; 150 L ha⁻¹; 200 L ha⁻¹; 300 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹) em três aplicações do fungicida FOX®, com ingrediente ativo de trifloxistrobina + protioconazol. As aplicações foram nos estádios fenológicos V6-V7, R1 e R4 para o experimento de pontas de pulverização e nos estádios R1, R4 e R5.5 para o experimento de volume de calda. Verificou-se que as

pontas de jato cônico (TXA 8003 e 30HCX 12) produziram maior porcentagem de gotas finas em relação às de jato plano. O aumento da pressão de trabalho proporcionou redução dos tamanhos das gotas pulverizadas pelas pontas avaliadas. A cobertura e a deposição de gotas promovidas por todas as pontas de pulverização foram suficientes para proporcionar baixa severidade da doença. A severidade da ferrugem asiática variou de 1,69 a 4,70% em relação à testemunha (severidade média de 54,34%). Todas as pontas utilizadas proporcionaram controle eficiente da doença e boa produtividade da cultura da soja, que foi de 34,02 a 60,90% superior à testemunha. Existe relação direta entre o aumento do volume de calda e os níveis de cobertura da pulverização nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. A porcentagem de área coberta promovida por todos os volumes de calda, ressaltando-se os volumes reduzidos 50 L ha⁻¹ e 100 L ha⁻¹, foram suficientes para proporcionar eficiente controle da ferrugem asiática e boa produtividade de plantas de soja, não sendo, portanto, necessário utilizar grandes volumes de calda.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*. Tecnologia de aplicação. *Glycine max*. Pulverização. Eficiência de controle.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Roxana Stefane Mendes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Volumetric distribution and droplet spectrum in the chemical control of asian soybean rust.** Advisor: Lino Roberto Ferreira. Co-advisor: Laércio Zambolim.

Soybeans can be characterized as the most important oilseed grown in the world. However, all their productive potential can suffer serious losses due to the incidence of asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Asian rust is responsible for significant productivity reductions where rapid and effective control measures are required. Fungicide application is the main method of asian rust control due to the absence of commercial soybean cultivars resistant to this disease. Although there are efficient products for the control of this disease, their effectiveness depends on the application technology adopted. It is known that the coverage resulting from the application of fungicide on the soybean canopy is uneven, especially in the lower third of the plant, where the first symptoms of the disease are observed, and this may lead to low control effectiveness, even with systemic products. The objective of this work was to evaluate the droplet spectrum of six hydraulic spray nozzles subjected to different spray pressures. To evaluate the efficiency of different spray nozzles and spray volume in the deposition and leaf cover in the lower, middle and upper thirds of soybean plants in three distinct phenological stages; and to evaluate rust control and grain yield as a function of the application of the commercial trifloxistrobina + prothioconazol (FOX®) mixture with the different nozzles and spray volumes. Three experiments were performed, one in the laboratory and two experiments under field conditions. In the laboratory experiment, six spray nozzles (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, GRD120-02, 30HCX 12 and GAT11002) were evaluated at three working pressures (3, 4 and 5 bar). The following variables were evaluated: $DV_{0.1}$, $DV_{0.5}$ (DMV), $DV_{0.9}$, relative amplitude, drops smaller than 100 μm , with diameter between 100 and 250 μm , and for drops greater than 250 μm . Under field conditions, the experiments were conducted for two consecutive years, aiming to evaluate different spray nozzles as well as different spray volumes. Six spray nozzles (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, 30HCX 12, GRD120-02 and GAT11002) and six spray volumes (50 L ha⁻¹; 100 L ha⁻¹; 150 L ha⁻¹; 200 L ha⁻¹; 300 L ha⁻¹ and 400 L ha⁻¹) were evaluated in three applications of FOX® fungicide (trifloxistrobina + prothioconazol) at the V6-V7, R1 and R4 phenological stages for the spray nozzles experiment and in R1, R4 and

R5.5 for the spray volume experiment. It was found that the tapered jet nozzles produced a higher percentage of fine drops (TXA 8003 and 30HCX 12) compared to the flat jet tips. The increase of working pressure reduced the droplet sizes sprayed by the evaluated tips. Coverage promoted by all spray nozzles were sufficient to provide low asian rust severity in relation to the control, thus promoting efficient disease control and good soybean crop yield. There is a direct relationship between the increase in spray volume and spray deposition and coverage levels in the upper, middle and lower thirds of soybean plants, however, the percentage of covered area and the spray deposition promoted by all spray volumes. The reduced volume was sufficient to provide efficient control of asian rust and good yield of soybean plants. Therefore, it was not necessary to use large volumes.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*. Application Technology. *Glycine max*. Pulverization. Control efficiency.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	11
REFERÊNCIAS.....	15
ARTIGO I: Espectro de gotas de pontas de pulverização utilizadas para aplicação de fungicida na cultura da soja.....	19
Resumo.....	19
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	22
Resultados.....	24
Discussão.....	28
Conclusões.....	33
Referências.....	33
ARTIGO II: Influência de pontas de pulverização na eficiência do controle químico da ferrugem da soja.....	37
Resumo.....	37
Introdução.....	39
Material e Métodos.....	41
Resultados.....	47
Discussão.....	56
Conclusões.....	60
Referências.....	60
ARTIGO III: Volumes de calda de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja.....	65

Resumo.....	65
Introdução.....	67
Material e Métodos.....	69
Resultados.....	75
Discussão.....	86
Conclusões.....	88
Referências.....	88
Considerações finais.....	93

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pode ser caracterizada como a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, com alto teor de proteínas. Seus grãos podem ser usados na fabricação de farelo, óleo, farinha de soja desengordurada e sob a forma de proteína isolada, os quais possuem funções comestíveis e industriais. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja com 35,822 milhões de hectares de área plantada e produção de 114,843 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos com produção de 123,664 milhões de toneladas distribuídas em 35,657 milhões de hectares (CONAB, 2019). Contudo, todo o potencial produtivo da soja pode sofrer graves perdas em função da incidência do fungo causador da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), uma das mais importantes doenças da cultura da soja (YORINORI et al., 2005).

Esse fungo, por se tratar de um dos patógenos mais agressivos, é responsável por reduções significativas de produtividade, o que torna necessário a utilização de medidas de controle rápidas e eficazes (NAVARINI et al., 2007; CHRISTOVAM et al., 2010). A aplicação de fungicida é o principal método de controle da ferrugem asiática, devido à ausência de cultivares de soja resistentes a esta doença (GARDIANO et al., 2010). Embora existam produtos eficientes para o controle desta doença, a eficácia dos mesmos depende da tecnologia de aplicação adotada. Sabe-se que a cobertura resultante da aplicação de fungicida sobre o dossel da cultura da soja é desuniforme, principalmente no terço inferior da planta. Essa desuniformidade de cobertura pode acarretar baixa eficácia no controle, uma vez que os fungicidas apresentam baixa translocação, mesmo os produtos sistêmicos (BOLLER et al., 2007). Por isso os fungicidas necessitam de boa distribuição ao longo do dossel da planta.

Os primeiros sintomas da ferrugem asiática são observados inicialmente no terço inferior da planta, geralmente, a partir do florescimento da cultura e após o adensamento das plantas. Portanto, a aplicação de fungicida precisa oferecer a máxima capacidade de penetração das gotas pela massa de folhas e a melhor cobertura e depósito possíveis da calda pulverizada (RAETANO, 2007; ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2011). Geralmente se faz pelo menos três aplicações de fungicidas por safra para que não haja perda de produtividade da soja de devido ao ataque dessa doença (GODOY et al., 2017). A primeira pulverização deve ser realizada antes do fechamento da cultura, para que o produto químico proporcione boa cobertura e proteja as folhas do terço inferior das plantas. Porém, se a penetração e cobertura das gotas não ocorrerem de forma satisfatória, o ingrediente ativo não se deposita

em quantidade suficiente no alvo, ocasionando a redução do residual de controle. Isso resulta na necessidade de uma nova aplicação e encurta o intervalo entre aplicações (NAVARINI, 2007). A primeira aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática é feita quando se observa o aparecimento dos primeiros sintomas da doença, ou preventivamente, no início do florescimento das plantas (GARDIANO et al., 2010; GODOY et al., 2009), uma vez que aplicações realizadas com níveis elevados de severidade não impedem a perda de produtividade (GODOY et al., 2009).

O uso racional de um defensivo agrícola requer vários cuidados como a forma correta de aplicação, momento e equipamentos adequados, visando garantir que o produto atinja o alvo de maneira eficiente, com o mínimo de perdas (CUNHA et al., 2005). Novas tecnologias têm sido utilizadas buscando reduzir os custos de produção e riscos ambientais ocasionados pelos problemas fitossanitários. Desta forma, a aplicação do defensivo agrícola deve ser capaz de atingir o alvo na quantidade necessária, no momento correto, de maneira econômica e com o mínimo de contaminação ambiental, levando-se sempre em consideração a manutenção da saúde do operador e do consumidor.

A tecnologia de aplicação pode ser caracterizada como a aplicação dos produtos fitossanitários no alvo, de maneira que preserve a saúde do aplicador e proporcione retorno econômico ao produtor (MATUO, 1990), visando cada vez mais à redução do uso de produtos fitossanitários (XU et al., 2010). É uma área de grande importância para a agricultura, visto que se refere ao controle de insetos e ácaros, de plantas daninhas e de fitopatógenos, e abrange conhecimentos das áreas de biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia e da economia (FERREIRA, 2006). Uma aplicação eficiente depende de boa seleção das pontas, que é influenciada pelo volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, levando sempre em consideração às recomendações de cada produto (ANTUNIASSI e BAIIO, 2008). É de suma importância o conhecimento da biologia e o comportamento do alvo biológico a ser atingido para que o controle seja eficiente (BALAN et al., 2012).

As pontas de pulverização são fundamentais na qualidade da aplicação de produtos fitossanitários e exercem influência direta na eficiência da pulverização. Assim, deve ser feita uma correta seleção das pontas o que proporcionará melhor cobertura e maior deposição do ingrediente ativo sobre o alvo. Das partes constituintes do bico, a ponta de pulverização é responsável direta pela formação e distribuição das gotas (FERREIRA et al., 2007), pela

determinação da vazão, sendo que a vazão e a uniformidade de distribuição da calda devem apresentar a menor variação possível ao longo da barra (BAUER e RAETANO, 2004).

As variáveis que influenciam a uniformidade de distribuição da calda são o espaçamento entre pontas, a pressão de trabalho, a altura de pulverização e o ângulo de abertura do jato das pontas (BAUER e RAETANO, 2004). O espaçamento entre pontas mais utilizado no Brasil é 0,5m, porém a altura da barra é variável, sendo que a combinação entre tais variáveis possibilita melhor uniformidade de distribuição da calda pulverizada (CUNHA e RUAS, 2006). Segundo MATTHEWS (2002) a altura correta da barra em relação ao alvo depende do espaçamento do bico e do ângulo do jato. De acordo com Rodrigues et al. (2012), a faixa de deposição da aplicação e o ângulo de abertura do jato de pulverização aumentam com o aumento da pressão de trabalho. Deve-se utilizar pressões estabelecidas pelo fabricante da ponta de pulverização, caso contrário pode-se alterar o ângulo de abertura do jato e, conseqüentemente, alterar o perfil de distribuição e a uniformidade de distribuição do jato (MACIEL et al., 2017).

A pressão de trabalho, as dimensões do orifício da ponta e as características físico-químicas da calda, são fatores que exercem influência direta sobre o espectro de gotas produzido por uma ponta de pulverização. O tamanho das gotas é classificado de acordo com o seu diâmetro mediano volumétrico – DMV, medido em micrômetros (μm), e é inversamente proporcional à pressão de trabalho da ponta. Desta forma, para a obtenção de gotas maiores, a pressão tem que ser reduzida e o contrário também é verdadeiro (ANTUNIASSI et al., 2004). Maior eficiência no controle do alvo biológico pode ser obtida a partir de um espectro de gotas mais homogêneo no momento da pulverização, ou seja, não devem ser produzidas gotas muito finas nem muito grossas, evitando-se desta forma perdas por deriva e escorrimento, respectivamente, obtendo-se aplicações eficientes e seguras do ponto de vista ambiental (CUNHA et al., 2010).

Gotas muito finas, geralmente, apresentam boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda de pulverização, porém, podem evaporar em condições de baixa umidade relativa e temperatura elevada ou sofrerem deriva. Gotas com diâmetros menores que 150 μm são facilmente carregadas pelo vento (CUNHA et al., 2004). A utilização de gotas grossas visando à redução do risco de deriva, de evaporação e da contaminação ambiental pode acarretar baixa eficiência do controle, em função de as gotas grossas proporcionarem menor cobertura nos alvos, quando comparada às gotas mais finas, bem como

tornarem a aplicação mais sujeita a ocorrência do efeito guarda-chuva (CUNHA e RUAS, 2006).

Já a determinação correta do volume de calda é essencial para o sucesso da aplicação e depende do tipo de alvo biológico a ser atingido, da deposição necessária, da forma de ação do produto fitossanitário e da técnica de aplicação, dentre outros fatores (ANTUNIASSI et al., 2004; PROKOP e VEVERKA, 2006). A aplicação do produto fitossanitário deve ser o mais uniforme possível, caso contrário serão necessários volumes adicionais para suprir as áreas que receberam menor deposição de gotas (PERECIN et al., 1998). A escolha correta do menor volume de calda resulta em maior rendimento operacional da aplicação, menor desperdício de água, visto que quanto maior o volume, mais paradas para reabastecimento, maior tempo gasto na aplicação e maior o custo operacional (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011). Além disso, quando se utilizam altos volumes de pulverização, parte significativa do produto fitossanitário pode atingir locais não-alvo, resultando em baixa eficiência de controle e alto risco de contaminação ambiental, além de onerar a operação (CUNHA et al., 2012). Existem produtores que acreditam que altos volumes de calda sejam essenciais para que se obtenha sucesso na aplicação, ou seja, que boa eficiência depende de maior molhamento da superfície foliar das plantas ou o solo, isso nem sempre é verdade. O volume de calda não é o responsável pelo controle da praga, patógeno ou planta daninha e sim a distribuição uniforme da calda no alvo desejado, uma vez que o molhamento excessivo ocasiona perdas por escorrimento (VAN ZYL et al., 2014).

Com o intuito de reduzir os custos de aplicação, tem sido verificada uma tendência em diminuir os volumes de calda de pulverização, buscando-se maior competitividade agrícola e sustentabilidade ambiental (TEIXEIRA et al., 2010). Entretanto essa técnica requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, uma vez que para aplicação de menor volume pode ser necessário o uso de gotas finas, com maior risco de perdas por deriva e evaporação, o que pode também reduzir a quantidade de calda depositada no alvo (BAYER et al., 2011). Portanto, é necessário conhecer a combinação mais adequada de densidade e diâmetro de gotas, volume de aplicação, concentração de ingredientes ativos na calda de pulverização e condições ambientais no momento da aplicação.

Considerando que nos últimos anos têm surgido vários modelos de pontas de pulverização e que ainda não existe na literatura uma recomendação segura de qual melhor ponta de pulverização deve ser usada para o controle da ferrugem asiática da soja, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes pontas e volumes de calda na eficiência da aplicação da

mistura comercial trifloxistrobina + prothioconazol (FOX[®]) no controle da ferrugem asiática e na produtividade da cultura da soja. Avaliou-se, também, o espectro de gotas, a deposição de gotas e cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior em três estádios fenológicos de plantas de soja.

2 REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.

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, 2011. p. 221-229.

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T. V.; BONELLI, M. A. P. O.; ROMAGNOLE, E. W. C. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 3, 2004. Botucatu. **Anais...** 3. 2004. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 48-51.

BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A.; MACIEL, C. D. de G.; OLIVEIRA, G. M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico-científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.11, n.1, p.126-138, 2012.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-84, 2004.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 4, n. 9, nov. 2019.

CUNHA, J. P. A. R. da; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 61-66, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. esp., p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; CHUECA, P.; GARCERÁ, C.; MOLTÓ, E. Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain. **Crop Protection**, London, v. 42, p. 116 – 123, 2012.

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**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIERIA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba - SP: Prol-Editora Gráfica, 2006. v. 1, p. 293-303.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 497-504, 2010.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; MOREIRA, E. N.; BORGES, E. P.; ANDRADE JÚNIOR, E. R.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; ARAÚJO JÚNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; BELUFI, L. M. R.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLF, M. R.; GOUSSAIN, M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. F.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J. VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v. 34, n. 1, p.56-61, 2009.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; VITÓRIA, E. L. da; CECON, P. R. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 E MAG-2. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 03, p. 183-199, 2017.

MATTHEWS, G. A.; WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **The application of chemicals for plant disease control. Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, p.345-53. 2002.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. 2, p.175-82, 1998.

PROKOP, M.; VEVERKA, K. Influence of droplet spectra on the efficiency of contact fungicides and mixtures of contact and systemic fungicides. **Plant Protection Science**, Prague, v. 42, n. 1, p. 26-33, 2006.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B. de. Desempenho operacional de pontas hidráulicas na determinação de parâmetros da pulverização hidropneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 8-15, 2012.

TEIXEIRA, E. S.; OSIPE, J. P.; GANDOLFO, U. D.; OLIVEIRA, J. F.; GANDOLFO, M. A.; OSIPE, ROBINSON. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, supl. 1, p. 1229-1234, 2010.

VAN ZYL, J. G.; SIEVERDING, E. G.; VILJOEN, D. J.; FOURIE, P. H. Evaluation of two organosilicone adjuvants at reduced foliar spray volumes in South African citrus orchards of different canopy densities. **Crop Protection**, London, v. 64, p. 198-206, 2014.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; BAGLEY, W. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 53, n. 1, p. 13-20, 2010.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., COSTAMILAN, L. M., BERTAGNOLLI, P. F., HARTMAN, G. L., GODOY, C. V., NUNES JUNIOR, J. Epidemics

of Soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

ARTIGO I

ESPECTRO DE GOTAS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO UTILIZADAS PARA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

As pontas de pulverização são responsáveis pela formação e distribuição das gotas. O diâmetro das gotas varia de acordo com o modelo da ponta de pulverização, vazão e pressão de trabalho, e seu conhecimento é essencial para a eficácia do controle do alvo biológico. Conhecendo-se o espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização é possível escolher a melhor ponta de acordo com o potencial risco de deriva, com características do produto fitossanitário, área foliar da cultura e com as condições climáticas no momento da aplicação. Objetivou-se, neste estudo, avaliar o espectro de gotas de seis pontas de pulverização hidráulica (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, GRD120-02, 30HCX 12 e GAT11002) com potencial para uso na aplicação de fungicida para o controle da ferrugem da soja. A análise do espectro de gotas das pontas foi realizada de forma direta com um analisador de partículas em tempo real, sendo avaliados: $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$, $Dv_{0,9}$, amplitude relativa, gotas menores que 100 μm , entre 100 e 250 μm e maiores que 250 μm . Os tratamentos foram estabelecidos em esquema fatorial 6 x 3, constituído por seis modelos de pontas de pulverização e três pressões de trabalho. O aumento da pressão de trabalho proporciona a redução dos valores dos parâmetros $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,9}$ das pontas TT-11001, TTJ60-11002, GRD120-02 e GAT11002, bem como o $Dv_{0,1}$ das pontas 30HCX 12 e TXA 8003. Reduz a porcentagem de gotas com diâmetro maior que 250 μm , exceto para as pontas 30HCX 12 e TXA 8003, e aumenta a porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm , para todas as pontas avaliadas. Todas as pontas avaliadas se encaixam nos padrões de recomendação para aplicação de fungicida sistêmico na cultura da soja.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Uniformidade de aplicação. Pressão de trabalho. Tamanho de gotas. Amplitude Relativa.

SPECTRUM OF DROPS OF SPRAYING TIPS USED FOR FUNGICIDE APPLICATION IN SOYBEAN CULTURE

ABSTRACT

The spray tips are responsible for the formation and distribution of the drops. The diameter of the droplets varies according to the spray tip model, flow and working pressure, and its knowledge is essential for the effectiveness of the biological target control. Knowing the spectrum of drops produced by the spray tips, it is possible to choose the best tip according to the potential risk of drift, with characteristics of the phytosanitary product, leaf area of the crop and the climatic conditions at the time of application. The objective of this study was to evaluate the spectrum of drops of six hydraulic spray tips (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, GRD120-02, 30HCX 12 and GAT11002) with potential for use in the application of fungicide for the control of soybean rust. The analysis of the droplet spectrum of the tips was performed directly with a particle analyzer in real time, being evaluated: $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$, $Dv_{0.9}$, relative amplitude, droplets smaller than 100 μm , between 100 and 250 μm and greater than 250 μm . The treatments were established in a 6 x 3 factorial scheme, consisting of six spray tip models and three working pressures. The increase in working pressure provides a reduction in the values of the parameters $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.5}$ and $Dv_{0.9}$ of the tips TT-11001, TTJ60-11002, GRD120-02 and GAT11002, as well as the $Dv_{0.1}$ of the tips 30HCX 12 and TXA 8003. Reduces the percentage of drops with a diameter greater than 250 μm , except for the tips 30HCX 12 and TXA 8003, and increases the percentage of drops with a diameter less than 100 μm , for all the evaluated tips. All the evaluated tips fit the recommendation standards for the application of systemic fungicide in soybean culture.

Keywords: Application technology. Uniformity of application. Work pressure. Drops size. Relative Amplitude.

1 INTRODUÇÃO

O potencial produtivo da soja pode ter graves perdas em função da incidência do fungo causador da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (YORINORI et al., 2005). Os primeiros sintomas da ferrugem são observados inicialmente no terço inferior da planta, geralmente, a partir do florescimento da cultura e após o adensamento das plantas. Porém, pode ser eficientemente controlada com fungicidas dos grupos dos triazóis e das estrobilurinas e suas misturas. Embora os fungicidas sejam eficientes, o controle da ferrugem, muitas vezes, é insatisfatório por causa da forma inadequada que o produto é aplicado. Desta forma, a aplicação precisa oferecer a máxima capacidade de penetração das gotas no dossel das plantas e a melhor cobertura e depósito possíveis da calda pulverizada (CUNHA et al., 2011). Para isso, é necessária uma correta seleção das pontas de pulverização antes de iniciar o processo de pulverização.

As pontas de pulverização são os principais componentes dos equipamentos para pulverização hidráulica, pois são responsáveis pela formação e distribuição das gotas. Maior eficiência na aplicação pode ser obtida a partir de um espectro de gotas mais homogêneo e com gotas de tamanho adequado às condições climáticas durante a aplicação do produto fitossanitário. Com isso, evitam-se perdas por deriva e obtêm-se aplicações eficientes e seguras do ponto de vista ambiental (CUNHA et al., 2010; VIANA et al., 2010).

O espectro de gotas de uma ponta de pulverização tem sido caracterizado por meio de difração de raios laser (CARVALHO et al., 2016) que mede as gotas após a saída das pontas de pulverização, quando elas ainda estão em movimento. A classificação do espectro de gotas, produzidas pelas pontas de pulverização, é realizada por meio de um conjunto de parâmetros: diâmetro mediano numérico (DMN), diâmetro mediano volumétrico (DMV) e amplitude relativa (SPAN) (AL HEIDARY et al., 2014; FERGUSON e HEWITT, 2014). No que se refere à amplitude relativa, quanto menor seu valor (próximo de zero), mais uniforme é o conjunto das gotas na amostra, e vice-versa (MATUO et al., 2001; CUNHA et al., 2004; MACIEL et al., 2016). O DMV e a amplitude relativa devem ser analisados em conjunto, o que permite a avaliação da homogeneidade da pulverização (CUNHA et al., 2010). Por outro lado, quanto menor o valor do DMV e maior o valor do volume de gotas finas, maior será o potencial de deriva (OLIVEIRA et al., 2015).

As pontas de pulverização mais utilizadas na cultura da soja para aplicação de fungicidas são aquelas que produzem gotas finas, principalmente as pontas de jato cônico.

Porém, em função de problemas com deriva, o uso de tais pontas tem sido restrito, especialmente, em regiões de vento intenso. Como alternativa tem-se utilizado pontas que produzem gotas maiores, como as de jato plano com pré-orifício e jato plano com indução de ar. Outras pontas que também podem ser utilizadas são as de jato plano defletor duplo e as pontas de jato plano duplo com pré-orifício que produzem gotas médias com boa capacidade de penetração, e menor risco de deriva se comparadas às pontas com gotas finas. Todavia esses novos modelos de ponta podem comprometer a cobertura foliar das plantas com a calda pulverizada, devido às gotas serem maiores que as produzidas pelas pontas de jato cônico (CUNHA et al., 2008).

No estado do Mato Grosso, maior produtor de soja do Brasil, foram encontrados vários tipos de pontas de pulverização nas propriedades, sendo as pontas de jato plano simples e as pontas cônicas as mais utilizadas. Também têm sido utilizadas, porém em menor escala, as pontas de jato plano simples com indução de ar, jato plano duplo, jato plano duplo com indução de ar e pontas cônicas com indução de ar. Foi verificado mais de um modelo de ponta por propriedade (CHECHETTO et al., 2014).

O conhecimento do potencial de deriva e a escolha de pontas de pulverização em função do espectro de gotas exercem grande influência sobre a eficiência na aplicação de produtos fitossanitários (GANDOLFO et al., 2014). No momento de escolher as pontas hidráulicas existem muitas dúvidas sobre o tamanho ideal de gotas a ser empregado na pulverização de produtos fitossanitários. Além disso, o desenvolvimento e disponibilização no mercado de novas pontas de pulverização, tornando necessário o estudo das características técnicas dessas pontas, aumentam ainda mais as indagações dos produtores rurais sobre qual modelo de ponta utilizar na aplicação do fungicida para o controle da ferrugem da soja. Assim, objetivou-se, com esse trabalho, avaliar o espectro de gotas de seis pontas de pulverização hidráulica, com potencial para serem utilizadas na pulverização de fungicida na cultura da soja, submetidas a três pressões de trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Foram avaliadas seis pontas de pulverização hidráulica (Tabela 1), sendo jato plano defletor (TT-11001), jato plano defletor duplo (TTJ60-11002), jato cônico vazio (TXA 8003), jato leque simples (GRD120-02), jato

cônico vazio (30HCX 12) e jato leque duplo com indução de ar (GAT11002). As pressões de trabalho utilizadas para todas as pontas avaliadas foram 300 kPa (3 bar), 400 kPa (4 bar) e 500 kPa (5 bar).

Tabela 1. Tipo de jato, faixa de pressão indicada e espectro de gotas das seis pontas de pulverização avaliadas, conforme catálogo dos fabricantes

PONTA	TIPO DE JATO	PRESSÃO	GOTAS
TT110 01	Plano defletor	1 a 6 bar	Finas a grossas
TTJ 60-11002	Plano defletor duplo	1,5 a 6 bar	Médias a grossas
TXA 8003	Cônico vazio	5 a 20 bar	Finas a médias
30 HCX	Cônico vazio	3 a 6 bar	Muito finas a finas
GRD120-02	Leque simples	1 a 8 bar	Médias a muito grossas
GAT11002	Leque duplo com indução de ar	2 a 8 bar	Médias a muito grossas

Fonte: Catálogo dos fabricantes disponível na internet.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: $Dv_{0,1}$; $Dv_{0,5}$ ou DMV, $Dv_{0,9}$; amplitude relativa (SPAN), gotas menores que 100 μm , entre 100 e 250 μm e maiores que 250 μm . A amplitude relativa (SPAN) é dada pela fórmula: $S = D_{v0,9} - D_{v0,1}/D_{v0,5}$, em que $v_{0,1}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume; $v_{0,9}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume; e $v_{0,5}$ = valor do $Dv_{0,5}$ (DMV) que é o diâmetro da gota que divide em duas partes iguais o volume de gotas pulverizadas.

A análise do espectro de gotas das pontas hidráulicas foi realizada de forma direta com um analisador de partículas em tempo real (Spraytec, Malvern Instruments Ltd), equipado com lente focal de 750 mm e calibrado para mensurar gotas na classe de tamanho de 0,10 a 2.500 μm . A técnica de difração de raio laser foi utilizada por ser rápida, precisa e exata, sendo que a análise se baseia na difração da trajetória da luz ao chocar com as gotas.

As pontas hidráulicas foram instaladas em uma barra de pulverização, composta por um bico e um manômetro, montada sobre o analisador, a 0,30 m de distância do feixe de laser. A regulação da pressão de trabalho foi realizada manualmente usando um sistema de controle da vazão constituído por manômetro e válvula de retorno. As pontas foram movimentadas de modo que as gotas pulverizadas interceptassem transversalmente o laser, permitindo a

amostragem de toda a faixa do jato pulverizado pela ponta, utilizando-se água pura na temperatura ambiente. O analisador de gotas possui unidade óptica que detecta padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas. A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro de partículas por difração de raios laser, foi realizada por um programa computacional, sendo os valores relacionados ao espectro de tamanho de partículas processados e tabulados diretamente pelo programa. As análises foram realizadas em temperaturas inferiores a 25 °C e UR superior a 50%.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com doze repetições (quatro pontas de cada modelo e três repetições para cada ponta). Os tratamentos foram estabelecidos em esquema fatorial 6 x 3, constituído por seis modelos de pontas de pulverização e três pressões de trabalho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS

Houve interação significativa entre os fatores pontas e pressões para as variáveis $Dv_{0,1}$; $Dv_{0,5}$ ou DMV e $Dv_{0,9}$. Já para a amplitude relativa (SPAN) houve efeito simples para os fatores pontas e pressões (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ (DMV), $Dv_{0,9}$ e amplitude relativa (SPAN) em função de diferentes pontas de pulverização e pressões de trabalho

		$Dv_{0,1}$	$Dv_{0,5}$ (DMV)	$Dv_{0,9}$	SPAN
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio	Quadrado Médio	Quadrado Médio	Quadrado Médio
Repetição	5	39,39**	204,16 ^{ns}	503,05 ^{ns}	0,0058 ^{ns}
Pontas	5	2694,61**	38725,49**	249928,36**	1,2998**
Pressões	2	1856,72**	13053,14**	35485,58**	0,1134**
Pontas x Pressões	10	24,97**	508,00**	2576,03*	0,0163 ^{ns}
Resíduo	85	9,08	195,04	1139,48	0,0118
C.V. (%)		3,65	7,87	8,82	6,53

GL – grau de liberdade. * F significativo a 5%; ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Na Tabela 3, encontram-se os valores de $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ ou DMV, $Dv_{0,9}$ e amplitude relativa (SPAN) para os seis modelos de ponta de pulverização avaliados em função da variação da pressão de trabalho.

Tabela 3. Valores médios dos diâmetros de gotas $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ ou DMV, $Dv_{0,9}$ e amplitude relativa (SPAN) para as respectivas combinações de pontas e pressões

$Dv_{0,1}$ (μm)			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
TXA 8003	73,3dA	67,6dB	62,1dC
30HCX 12	75,6dA	68,1dB	63,7dC
TT-11001	90,1cA	78,7cB	75,4cB
TTJ60-11002	95,0bcA	84,8bB	81,5bB
GRD120-02	99,7bA	92,7aB	87,3aC
GAT11002	108,9aA	94,4aB	88,0aC
$Dv_{0,5}$ (μm)			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
TXA 8003	131,7cA	123,1cA	100,4cB
30HCX 12	133,6cA	123,0cA	122,1cA
TT-11001	207,4bA	177,6bB	163,5bB
TTJ60-11002	210,0bA	184,2bB	169,7bB
GRD120-02	240,4aA	223,0aA	202,4aB
GAT11002	263,0aA	219,4aB	200,9aB
$Dv_{0,9}$ (μm)			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
TXA 8003	240,4bA	232,4cA	198,4bA
30HCX 12	244,6bA	230,4cA	247,5bA
TT-11001	493,3aA	448,8abAB	417,0aB
TTJ60-11002	478,1aA	422,1bB	388,4aB
GRD120-02	508,1aA	479,0aAB	439,7aB
GAT11002	533,3aA	453,8abB	433,5aB
Amplitude relativa (SPAN)			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
30HCX 12	1,27dB	1,32dB	1,50cA
TXA 8003	1,27dB	1,33dAB	1,44cA
GAT11002	1,62cA	1,64cA	1,72bA
GRD120-02	1,70bcA	1,74bcA	1,74bA
TTJ60-11002	1,82abA	1,83bA	1,81bA
TT-11001	1,94aA	2,09aA	2,09aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nas três pressões de trabalho avaliadas os menores valores de $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ e $Dv_{0,9}$ foram obtidos na aplicação com as pontas TXA8003 e 30HCX12, seguidas pelas pontas TT-

11001 e TTJ60-11002, sendo que os maiores valores observados foram para as pontas GAT11002 e GRD120-02, de maneira geral. Entretanto esses valores diminuiram com o aumento da pressão, exceto para as pontas TXA8003 e 30HCX12 na variável $D_{v0,9}$.

Considerando a amplitude relativa, verifica-se que as pontas com maior uniformidade de gotas foram 30HCX12 e TXA 8003, uma vez que estas apresentaram os menores valores para esta variável, embora tenham sido as únicas a serem influenciadas pela pressão de trabalho. A ponta TT11001 apresentou maior variação no tamanho das gotas com maior valor observado de amplitude relativa, embora não tenha diferido da TTJ60-11002 na pressão de 3 bar. Para as pontas GAT11002, GRD120-02, TT-11001 e TTJ60-11002, mesmo com o aumento da pressão de trabalho, não houve diferença para a amplitude relativa.

Na Tabela 4, observa-se que houve interação significativa entre os fatores pontas e pressões para as variáveis porcentagem de gotas menores que 100 μm , entre 100 e 250 μm e maiores que 250 μm .

Tabela 4. Resumo da análise de variância para porcentagem de gotas menores que 100 μm , gotas entre 100 e 250 μm e gotas maiores que 250 μm , em função de diferentes pontas de pulverização e das pressões de trabalho

FONTE DE VARIÇÃO	GL	Gotas menores que 100 μm	Gotas entre 100 e 250 μm	Gotas maiores que 250 μm
		Quadrado Médio	Quadrado Médio	Quadrado Médio
Repetição	5	7,26**	9,29 ^{ns}	25,46**
Pontas	5	1612,35**	795,00**	4600,17**
Pressões	2	492,35**	16,88*	688,90**
Pontas x Pressões	10	7,86**	111,41**	74,93**
Resíduo	85	2,16	5,44	8,14
C.V. (%)		7,29	4,52	10,11

GL – graus de liberdade. * F significativo a 5%; ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Na Tabela 5 encontram-se as porcentagens dos diferentes diâmetros de gotas pulverizadas. Segundo a classificação da Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biólogos - ASABE (2014), que desenvolveu o padrão ASABE S572.1, as gotas são classificadas como ultra grossas (>622 μm), extremamente grossas (428-622 μm), muito grossas (349-428 μm); grossas (218-349 μm), médias (177-218 μm), finas (136-177 μm),

muito finas (50 - 136 μm) e extremamente finas (< 50 μm). Essa classificação das gotas tem sido usada para medir e interpretar a qualidade da pulverização.

Considerando a porcentagem de gotas menores que 100 μm , gotas finas a extremamente finas, as pontas 30HCX12 e TXA 8003 foram as que promoveram a maior porcentagem do espectro de gotas (26,08 e 27,52%) desta classe, já as menores porcentagens (10,10 e 8,08%) foram observadas nas pontas GRD12002 e GAT11092, isso na pressão de 3 bar (Tabela 5). Quando houve aumento da pressão para 5 bar, os valores de porcentagem de gotas finas e extremamente finas ficaram entre 35 e 37% para as pontas 30HCX12 e TXA 8003, e em torno de 14% para as pontas GRD12002 e GAT11092. As demais pontas de pulverização avaliadas também aumentaram a porcentagem de gotas finas e extremamente finas pulverizadas com o aumento da pressão de trabalho.

Tabela 5. Porcentagem de gotas pulverizadas com diâmetro inferior a 100 μm , entre 100 e 250 μm e maior que 250 μm para as respectivas combinações de pontas e pressões

Porcentagem de gotas menores que 100 μm			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
GAT11002	8,1dC	11,8dB	13,9dA
GRD120-02	10,1cdC	12,3dB	14,4dA
TTJ60-11002	11,8bcC	16,2cB	18,4cA
TT-11001	13,4bC	19,1bB	21,6bA
30HCX 12	26,1aC	32,9aB	35,4aA
TXA 8003	27,5aC	32,7aB	37,2aA
Porcentagem de gotas entre 100 e 250 μm			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
GAT11002	39,0cB	46,8cdA	49,8cA
GRD120-02	42,3cB	44,4dB	48,3cA
TTJ60-11002	48,4bB	51,5bAB	54,0abA
TT-11001	47,0bB	49,1bcAB	51,0bcA
30HCX 12	64,7aA	59,6aB	54,8abC
TXA 8003	63,8aA	59,9aB	55,1aC
Porcentagem de gotas maiores que 250 μm			
Pontas	Pressão (3 bar)	Pressão (4 bar)	Pressão (5 bar)
GAT11002	52,9aA	41,5aB	36,3aC
GRD120-02	47,6bA	43,4aB	37,3aC
TTJ60-11002	39,9cA	32,3bB	27,6bC
TT-11001	39,5cA	31,9bB	27,4bC
30HCX 12	9,2dA	7,5cA	9,8cA
TXA 8003	8,6dA	7,7cA	7,7cA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a classe de gotas finas a médias, diâmetro entre 100 e 250 μm , as pontas que promoveram os maiores percentuais foram 30HCX12, cujos valores foram 64,69, 59,58 e 54,84%, e a TXA 8003, com valores de 63,80, 59,90 e 55,10%, respectivamente para as pressões de trabalho de 3, 4 e 5 bar. Os menores valores, para esta classe de gotas, foram pulverizados pelas pontas GAT11092, cujos valores foram 35, 46 e 49%, e a ponta GRD12002, com valores de 42%, 44% e 48%, para as três pressões de trabalho na ordem que segue. Com o aumento da pressão de 3 para 5 bar, as pontas 30HCX12 e TXA 8003 foram mais sensíveis à alteração na pressão de trabalho, conforme a redução observada nos valores percentuais de gotas finas a médias.

No que se refere às gotas maiores que 250 μm (grossas a ultra grossas) os maiores valores para esta variável foram promovidos pela pulverização com as pontas GAT11002 e GRD120-02, seguidas pelas pontas TTJ60-11002 e TT-11001. Já para as pontas 30HCX 12 e TXA 8003, menos de 10 % do volume pulverizado equivale às gotas com diâmetro superior a 250 μm , para as três pressões avaliadas. Além disso, o diâmetro das gotas pulverizadas pelas pontas 30HCX 12 e TXA 8003 não sofreram alteração com aumento da pressão de trabalho, ao contrário de todas as outras pontas avaliadas.

Os resultados obtidos neste trabalho para as pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002, estão dentro do esperado para pontas hidráulicas nas pressões de trabalho avaliadas. Observou-se que com o aumento da pressão, houve redução no $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$, $DV_{0,9}$ e na porcentagem de gotas com diâmetro maior que 250 μm . Verificou-se também aumento na porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm com incremento da pressão de trabalho.

4 DISCUSSÃO

De acordo com a classificação da Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biólogos – ASABE, o espectro de gotas produzido pelas pontas 30HCX 12 e TXA 8003 é composto em sua maioria por gotas extremamente finas, muito finas, finas e médias. Observou-se ainda, que houve incremento nas porcentagens de gotas finas com o aumento da pressão de trabalho. Mais de 90% das gotas pulverizadas pelas pontas cônicas possui diâmetro de até 250 μm , para as pressões de 3, 4 e 5 bar, e menos de 10% de gotas com diâmetro superior a 250 μm . Estudando as pontas de jato cônico, Zhu et al. (2004), também constaram que tais pontas produzem gotas, conforme a variação da pressão de trabalho, com diâmetro

variando entre 100 e 250 μm , as quais apresentam trajetórias tangenciais, ou seja, têm maior capacidade de penetração no dossel das plantas.

As pontas cônicas podem ser utilizadas nas aplicações em culturas com grande índice de área foliar que necessitem de grande penetração e cobertura, principalmente em pulverizações de fungicidas e inseticidas. Além disso, podem ser indicadas para aplicação com produtos de ação localizada ou de contato, os quais precisam de boa cobertura para proporcionar bom controle do alvo biológico, além de permitir a utilização de baixo volume de calda de pulverização.

Existe uma tendência cada vez maior de reduzir o volume de calda de pulverização, entretanto, isso requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, uma vez que para aplicação de menor volume pode ser necessário o uso de gotas finas (BAYER et al., 2011), que tem como consequência maior probabilidade de perda por deriva. A redução nos volumes de calda tem como vantagem diminuir os custos de aplicação, porém volumes de calda muito baixos exigem o uso de gotas pequenas para que seja mantido o nível de cobertura, o que pode ser obtido com a utilização de pontas cônicas.

Diante do exposto, as pontas de jato cônico podem favorecer a deriva de gotas pulverizadas, acarretando risco de contaminação ambiental e humana. Alguns pesquisadores consideram que gotas muito finas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY et al., 2000; CUNHA et al., 2004). Para Arvidsson et al. (2011) e Gil et al. (2014), a porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm é um indicador mais seguro de perigo de deriva que o DMV, que é amplamente utilizado para prever tais perdas. Portanto, a perda por deriva é diretamente proporcional à produção de gotas finas pela ponta (MACIEL, et al., 2017). Assim, as pontas cônicas, apesar de promover a pulverização de gotas finas e apresentar boa penetração e cobertura de calda, podem apresentar menor eficiência nas pulverizações, em função da perda ocasionada pela deriva e evaporação ou volatilização.

Outro fator muito importante é a utilização de tais pontas quando as condições climáticas forem favoráveis, sob condições de alta umidade relativa (acima de 60%, sendo ideal entre 70 e 90%), baixa temperatura (ideal entre 20 e 30 $^{\circ}\text{C}$) e velocidade do vento (entre 3 e 10 km h^{-1}) (FAGGION e ANTUNIASSI, 2010). Conforme Maciel et al. (2018), a velocidade do vento causa um desvio tão acentuado nas gotas finas, que tem um efeito considerável no comportamento de todo o espectro de gotas. Desta forma, o aumento da velocidade do vento induz grandes perdas de gotas menores que 100 μm e, conseqüentemente,

aumenta o valor das variáveis $Dv_{0,1}$, $Dv_{0,5}$ (DMV) e porcentagem de gotas com diâmetros entre 100 e 200 μm e entre 200 e 300 μm . Entretanto, ocorre uma redução na porcentagem de gotas com diâmetro menores que 100 μm . Arvidsson et al. (2011) em ensaios de campo sob diferentes condições meteorológicas e usando diferentes alturas de barra e velocidades de deslocamento do pulverizador, afirmam que durante uma pulverização os fatores que mais influenciam a perda das gotas pulverizadas são a altura da barra e a velocidade do vento, seguidos pela temperatura do ar, velocidade de deslocamento e déficit de pressão de vapor. Afirmam também que existe uma relação direta entre a perda das gotas pulverizadas e a porcentagem de gotas menores que 100 μm .

A velocidade do pulverizador merece atenção, visto que ao aumentar a velocidade do vento de 2,0 para 12,8 km h^{-1} , ocorre a eliminação quase que total de gotas menores que 100 μm . Isso é tão significativo que afeta consideravelmente o comportamento de todos os outros parâmetros, especialmente $Dv_{0,1}$, como discutido anteriormente (MACIEL et al., 2018).

As pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002 promoveram a pulverização de um espectro de gotas distribuído, em sua maioria, entre gotas finas e grossas. Mais de 80% das gotas produzidas por tais pontas possui diâmetro superior a 100 μm , para as pressões de 3, 4 e 5 bar. Pontas de jato cônico vazio e de jato plano produzem espectro de gotas muito diferentes, sendo que a principal diferença está relacionada à porcentagem de gotas pequenas (STAINIER et al., 2006). Em função da deriva das pontas cônicas têm-se buscado alternativas que minimizem tal problema (CROSS et al., 2001; STAINIER et al., 2006; NUYTTENS et al., 2007), como por exemplo, as pontas de jato plano TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002.

As pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002 além de minimizarem os possíveis efeitos da deriva ocasionada pela utilização de pontas cônicas, podem promover aplicações com bons índices de cobertura foliar, visto que os valores de DMV ficaram abaixo de 365 μm , o qual, conforme Sasaki et al. (2016), é considerado limitante em caso de aplicações que requerem alta cobertura do alvo biológico.

Para obtenção de aplicações seguras é necessário que o volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm sejam inferiores a 15 % (CUNHA et al., 2003). Com base na porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm produzida pelas pontas GRD120-02 (8,08, 11,80 e 13,92%) e GAT11002 (10,10, 12,25 e 14,35%), respectivamente para as pressões de 3, 4 e 5 bar, é possível afirmar que entre as pontas avaliadas essas foram as que produziram espectros de gotas dentro do limite que permite uma aplicação segura, nas

pressões de trabalho avaliadas. Seguindo o mesmo raciocínio, as pontas TTJ60-11002 (11,77, 16,15 e 18,43%) e TT-11001 (13,42, 19,05 e 21,56%), para as pressões de 3, 4 e 5 bar, permitem aplicações seguras apenas quando submetidas a pressão de 3 bar. Portanto, as pontas TTJ60-11002 e TT-11001 exigem maior atenção, quanto ao risco de deriva, ao aumentar a pressão de trabalho quando as condições climáticas não forem favoráveis. No caso de precisar aumentar muito a pressão de trabalho para compensar o aumento de velocidade, isso para manter constante a taxa de aplicação, é preferível trocar as pontas por outras de maior vazão. Procedendo-se desta forma, evita-se a produção de gotas muito finas devido a aumentos exagerados na pressão de trabalho.

As gotas produzidas por uma ponta não apresentam um tamanho único, e em qualquer modelo de ponta há uma porcentagem do volume que é pulverizado através de gotas finas, médias e grossas. A amplitude relativa mostra a qualidade de aspersão do espectro, de forma que quanto menor o valor da amplitude relativa, mais homogêneas são as gotas (SASAKI et al., 2013). Portanto, as pontas 30HCX 12 e TXA 8003 produzem o espectro de gotas mais homogêneo, tendo em vista a maior porcentagem de gotas concentradas em diâmetro menor que 250 μm . As pontas GRD120-02, GAT11002 e TTJ60-11002 produzem espectro de gotas com uniformidade intermediária, em função do espectro de gotas ser distribuído entre as gotas muito finas, finas, médias e grossas. Enquanto isso a ponta TT-11001 promoveu a pulverização do espectro de gotas menos uniforme dentre todas as pontas avaliadas, o que indica que a população de gotas é composta por uma variação muito grande de tamanhos de gota, acarretando maior amplitude. Maior eficiência no controle do alvo biológico pode ser obtida a partir de um espectro de gotas mais homogêneo no momento da pulverização (CUNHA et al., 2010), entretanto, essa característica das pontas não pode ser avaliada isoladamente, pois outros fatores interagem com a gota pulverizada até atingir o alvo desejado.

Vários estudos avaliaram a cobertura e penetração de gotas de várias pontas ao longo do dossel das plantas de soja (ZHU et al., 2004; HANNA et al., 2009; WOLF e DAGGUPATI, 2009). Os resultados geralmente se dividem entre os autores: uns afirmam que gotas finas e médias penetram melhor ao longo do dossel das plantas (WOLF e DAGGUPATI, 2009), entretanto, outros dizem que gotas muito finas não apresentam necessariamente maior penetração quando comparadas as gotas médias (ZHU et al., 2004; HANNA et al., 2009). Os estudos sobre a aplicação de produtos fitossanitários tentam correlacionar o diâmetro das gotas e a cobertura do alvo, no entanto, estudos sobre o tema

demonstram que gotas médias promovem o mesmo controle ou até controle superior quando comparadas às gotas finas (GULART et al., 2013). Logo, não existe um consenso a respeito do tamanho de gotas que deverá ser utilizado no momento da pulverização de produtos fitossanitários na cultura da soja. Aliado a isto, Cunha et al. (2016) afirmam que na pulverização hidráulica convencional, a deposição no terço inferior em plantas de soja muito enfolhadas, independentemente da ponta, em geral, não promove elevada cobertura (CUNHA et al., 2016). Sendo assim, além do espectro de gotas, o porte e o enfolhamento da cultura são fatores importantes a serem considerados no momento da escolha das pontas de pulverização. O índice de área foliar produzido por uma cultura tem interferência direta na cobertura, quanto mais área foliar a cultura apresentar, menor será a cobertura.

Considerando a literatura, a qual indica a utilização de pontas que promovam a pulverização de gotas finas a médias para aplicação de fungicida, todas as pontas avaliadas, nas pressões de 3, 4 e 5 bar, podem ser indicadas para aplicação de fungicida sistêmico na cultura da soja, respeitando a indicação de cada ponta conforme a taxa de aplicação, bem como as condições climáticas no momento da pulverização.

Se houver necessidade de aplicação em horários de temperatura mais alta com maior risco de deriva, devem-se utilizar as pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002, as quais reduzem o risco de perda por deriva nestes horários de alta temperatura, visto que as gotas muito finas produzidas pelas pontas cônicas têm tempo de vida (tempo de extinção) muito reduzido, em função do baixo volume de água que contém. Assim, quando em altas temperaturas e umidade relativa do ar baixa, esta água, que é o diluente do produto químico, pode evaporar mais facilmente, formando uma partícula minúscula de ingrediente concentrado que não é absorvido e que pode ser removido da superfície foliar pela ação do vento ou chuva, reduzindo a eficácia do produto.

Enfim, ter conhecimento sobre o espectro de gotas pulverizado pelas pontas hidráulicas é de suma importância, em função da influência do tamanho das gotas sobre a eficiência da pulverização e controle adequado de pragas, doenças e plantas daninhas, além dos possíveis impactos ambientais e perdas de produto fitossanitário. A pressão de trabalho deve variar conforme o produto fitossanitário que será utilizado, do alvo biológico a ser atingido e do tipo de ponta utilizado. Desta forma, a determinação do espectro de gotas auxilia na escolha das pontas de acordo com o tamanho das gotas, porém a seleção da ponta deve se basear, além do espectro, na formulação do produto, no volume de calda, nas condições ambientais, no tipo de alvo a ser atingido, na cultura agrícola a ser pulverizada ou índice de

área foliar, entre outros. Isto quer dizer que não existe uma regra geral para indicação de determinado espectro de gotas e sim todos os fatores devem ser avaliados para definição correta da escolha da ponta a ser utilizada.

5 CONCLUSÕES

A elevação da pressão de trabalho aumentou a porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm, para todas as pontas avaliadas.

As pontas 30HCX 12 e TXA 8003 apresentam espectro de gotas mais sujeito a deriva, evaporação e volatilização, em relação às pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002, nas três pressões avaliadas.

A ponta TT-11001 promoveu a pulverização do espectro de gotas menos uniforme dentre todas as pontas avaliadas.

Todas as pontas avaliadas, nas pressões de 3, 4 e 5 bar, podem ser indicadas para aplicação de fungicida sistêmico na cultura da soja, de acordo com as condições climáticas no momento da pulverização.

6 REFERÊNCIAS

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

AL HEIDARY, M.; DOUZALS, J. P.; SINFORT, C.; VALLET, A. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. **Crop Protection**, London, v. 63, p. 120–130, 2014.

ASABE. ASABE Standard, S572. 51st Edn. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St Joseph, MI: ASABE. 2014.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.

CARVALHO, F. K.; ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B.; KRUGER, G. R. Blade angle effect on droplet size spectrum of rotary atomizers used in Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 6, p. 1118-1125, 2016.

- CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; VILELA, C. M.; SILVA, A. C. A. e. Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato Grosso. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 89- 97, 2014.
- CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from na axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, London, v. 20, n. 4, p. 333-343, 2001.
- CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.
- 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, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.
- 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**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.
- CUNHA, J. P. A. R. da; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 761-768, 2016.
- FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U. R. Desempenho de pontas de pulverização quanto a indução de ar nas gotas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 72-82, 2010.
- FERGUSON, J.; HEWITT, A. Developing a comprehensive drift reduction technology risk assessment scheme. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 54, n. 1, p. 85-89, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. de. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 66-73, 2014.
- GIL, E.; BALSARI, P.; GALLART, M.; LLORENS, J.; MARUCCO, P.; ANDERSEN, P.G.; FÀBREGAS, X.; LLOP, J. Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. **Crop Protection**, Madison, v. 56, p. 58-68, 2014.

GULART, C. A.; DEBORTOLI, M.; MADALOSSO, M.; BALARDIN, R.; SANTOS, P. S.; CORTE, G. D.; LENZ, G.; MARQUES, L. N. Espectro de gotas de pulverização e controle de doenças em duas cultivares de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1747-1753, 2013.

HANNA, H. M.; ROBERTSON, A. E.; CARLTON, W. M.; WOLF, R. E. Nozzle and Carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 25, n. 1, p. 5-13, 2009.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R. Droplet spectrum at different vapour pressure deficits1. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 41-46, 2016.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; VITÓRIA, E. L. da; CECON, P. R. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 183-199, 2017.

MACIEL, C. F. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R. Droplet spectrum of a spray nozzle under different weather conditions. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 430-436, 2018.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. In: ABEAS - Curso de proteção de plantas. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n. 2, p. 127-137, 2000.

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p.109-116, 2015.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B. de; FORASTIERE, P. R. Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 23, n.3, p. 211-218, 2016.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B.; SANTIAGO, H.; MACIEL, C. F. S. Spectrum of droplets produced by use of adjuvants. **Idesia**, Arica, v. 31, n. 1, p. 27-33, 2013.

STAINIER, C.; DESTAIN, M. F.; SCHIFFERS, B.; LEBEAU, F. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **Crop Protection**, London, v. 25, n. 12, p. 1238-1243, 2006.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

WOLF, R. E.; DAGGUPATI, N. P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 25, n. 1, p. 23-30, 2009.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of Soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, St. Paul, v 89, n.6, p. 675-677, 2005.

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**, Silsoe, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.

ARTIGO II

INFLUÊNCIA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NA EFICIÊNCIA DO CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM DA SOJA

RESUMO

A ferrugem asiática é responsável por reduções significativas de produtividade da soja. A aplicação de fungicida é o principal método de controle desta doença, sendo que para manter a eficiência do tratamento fitossanitário é necessário o conhecimento de diversas características da tecnologia de aplicação. As pontas de pulverização são fundamentais na qualidade da aplicação de produtos fitossanitários e exercem influência direta na eficiência da pulverização. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de diferentes pontas de pulverização na deposição de calda e na cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja em três estádios fenológicos distintos. Objetivou-se, também, avaliar a eficiência da mistura comercial trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]), aplicada por diferentes pontas de pulverização, no controle da ferrugem asiática e produtividade da soja. O experimento foi conduzido por dois anos agrícolas, onde foram avaliadas seis pontas de pulverização: TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, 30HCX 12, GRD120-02 e GAT11002 em três aplicações de fungicida com intervalos de 15 dias, nos estádios fenológicos V6-V7, R1 e R4, utilizando-se a pressão de trabalho de 5 bar e volume de calda de 200 L ha⁻¹. A cobertura e a deposição de calda promovida por todas as pontas de pulverização, nos três estádios fenológicos da soja, foram suficientes para proporcionar controle satisfatório da ferrugem, com médias de severidade da doença que variaram de 1,69 a 4,70%, em comparação com a testemunha (severidade média de 54,34%), sem perda significativa de produtividade nas parcelas pulverizadas. Todas as pontas de pulverização avaliadas podem ser recomendadas para serem utilizadas na pulverização do fungicida FOX[®] (trifloxistrobina + protioconazol) na cultura da soja para controle da ferrugem asiática, quando o volume de calda aplicado for de 200L ha⁻¹.

Palavras-chave: *Glycine max*. Tecnologia de aplicação. Cobertura. Deposição de calda. Severidade. Produtividade.

INFLUENCE OF SPRAYING TIPS ON THE EFFICIENCY OF CHEMICAL CONTROL OF SOYBEAN RUST

ABSTRACT

Asian rust is responsible for significant reductions in soybean productivity. The application of fungicide is the main method of controlling this disease, and to maintain the efficiency of phytosanitary treatment it is necessary to know several characteristics of the application technology. The spray tips are fundamental in the quality of the application of phytosanitary products and have a direct influence on the spray efficiency. The objective of this work was to evaluate the efficiency of different spray tips on spray deposition and leaf cover in the lower, middle and upper thirds of soybean plants in three different phenological stages. The objective was also to evaluate the efficiency of the commercial mixture trifloxystrobin + prothioconazole (FOX[®]), applied by different spray tips, in the control of asian rust and soybean productivity. The experiment was carried out for two agricultural years, where six spray tips were evaluated: TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, 30HCX 12, GRD120-02 and GAT11002 in three fungicide applications at 15-day intervals, in the phenological stages V6-V7, R1 and R4, using a working pressure of 5 bar and a spray volume of 200 L ha⁻¹. The coverage and spray deposition promoted by all spray tips, in the three phenological stages of soybean, were sufficient to provide satisfactory rust control, with averages of disease severity ranging from 1.69 to 4.70%, in comparison with the control (average severity of 54.34%), without significant loss of productivity in the sprayed plots. All spray tips evaluated can be recommended for use in spraying the fungicide FOX[®] (trifloxystrobin + prothioconazole) in soybean to control rust, when the spray volume applied is 200L ha⁻¹.

Keywords: *Glycine max.* Application technology. Coverage. Spray deposition. Severity. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal cultura de grãos produzida no Brasil, com mais de 33 milhões de hectares semeados e com aproximadamente 115 milhões de toneladas de grãos produzidas (CONAB, 2019). Contudo, o potencial produtivo da soja pode ser comprometido em função da incidência do fungo causador da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) (YORINORI et al., 2005). Os primeiros sintomas da ferrugem asiática são observados inicialmente no terço inferior da planta, geralmente, a partir do florescimento da cultura e após o adensamento das plantas. Esta doença pode ocasionar danos que variam de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas (YORINORI et al., 2005; HARTMAN et al., 2015).

Por se tratar de um dos patógenos mais agressivos, se faz necessária a utilização de medidas de controle rápidas e eficazes (CHRISTOVAM et al., 2010). Além disso, como não há variedade de soja resistente a esta doença, a aplicação de fungicida é o principal método de controle da ferrugem asiática (GARDIANO et al., 2010). Dentre os produtos registrados para o controle da ferrugem asiática, a mistura comercial de trifloxistrobina + prothioconazol (FOX[®]), pertencente ao grupo das estrobirulinas e triazóis, cujos mecanismos de ação são sistêmico e mesostêmico respectivamente, tem se destacado como uma das misturas mais eficientes (GODOY et al., 2017). Recomendada para a cultura da soja na dose de 0,4 L ha⁻¹ de produto comercial, sendo que a primeira aplicação preventiva deve ser realizada no estágio fenológico R1, ou no final da fase vegetativa, caso seja visualizado os primeiros sintomas da doença, e as demais aplicações em intervalos de 15 a 21 dias.

A aplicação de produtos fitossanitários precisa oferecer máxima capacidade de penetração das gotas no dossel das plantas e melhor cobertura e depósito de calda possíveis (RAETANO, 2007; ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2011). Porém, se a penetração das gotas no dossel e cobertura foliar não ocorrerem de forma satisfatória, o ingrediente ativo não se deposita no alvo em quantidade suficiente e de maneira uniforme, o que diminui a ação residual de controle do fungicida e encurta o intervalo entre aplicações.

A aplicação dos fungicidas na soja é, geralmente, feita por meio de pulverizadores dotados de pontas de pulverização hidráulicas. As pontas de pulverização são responsáveis direta pela formação e distribuição das gotas (BAUER e RAETANO, 2004; FERREIRA et al., 2007). Pontas hidráulicas que produzem gotas finas normalmente proporcionam boa cobertura e uniformidade de distribuição de calda e, conseqüentemente, maior eficácia

biológica do produto fitossanitário aplicado, porém apresentam alto risco de deriva (CUNHA e PEREIRA, 2009; NUYTENS et al., 2009). A deposição eficiente da calda no alvo depende de as pontas distribuírem as gotas pulverizadas de forma mais homogênea possível em número e tamanho indicados (NUYTENS et al., 2007; CUNHA e SILVA, 2010), por isso é fundamental a escolha correta das pontas de pulverização.

As pontas de pulverização mais utilizadas na cultura da soja para aplicação de fungicidas são aquelas que produzem gotas finas, principalmente as pontas de jato cônico. Porém, em função de problemas com deriva, o uso de tais pontas tem sido restrito, especialmente, em regiões de vento intenso. Como alternativa tem-se utilizado pontas que produzem gotas maiores, como as de jato plano com pré-orifício e jato plano com indução de ar. Outras pontas que também podem ser utilizadas são as de jato plano defletor duplo e as pontas de jato plano duplo com pré-orifício que apresentam vantagens no que se refere à capacidade de penetração, e espectro de gotas médio menos suscetível à deriva. Todavia esses modelos de ponta podem comprometer a cobertura foliar das plantas com a calda pulverizada, devido às gotas serem maiores que as produzidas pelas pontas de jato cônico (CUNHA et al., 2008).

No estado do Mato Grosso, maior produtor de soja do Brasil, foi constatado vários tipos de pontas de pulverização nas propriedades, sendo as pontas de jato plano simples e as pontas do tipo cone as mais utilizadas. Também têm sido utilizadas, porém em menor escala, as pontas de jato plano simples com indução de ar, jato plano duplo, jato plano duplo com indução de ar e pontas cônicas com indução de ar. Foi verificado mais de um modelo de ponta por propriedade (CHECHETTO et al., 2013). Entretanto, não existe consenso sobre a recomendação de determinada ponta de pulverização para aplicação de fungicida na cultura da soja. Alguns autores têm utilizado os seguintes modelos de pontas de pulverização para controle da ferrugem asiática da soja: jato cônico - TX-6, TX-8 e TX-10, jato cônico vazio – ATR, jato cônico vazio com indução de ar - TVI, jato plano – API e AI, jato plano duplo - TJ 60, jato plano duplo com indução de ar – AD-IA, jato plano duplo e baixa deriva - DGTJ, jato plano inclinado - DEFY 3D, jato plano – AXI, jato plano duplo - JGT (FARINHA et al., 2009; SILVA et al., 2014; CUNHA et al., 2016 e NEGRISOLI et al., 2019).

Considerando que ainda não existe na literatura uma recomendação específica indicando a melhor ponta de pulverização a ser utilizada na aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiática, realizou-se este trabalho, cujos objetivos foram: avaliar a eficiência de pontas de pulverização de energia hidráulica na deposição de calda e na

cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja em três estádios fenológicos distintos; avaliar a eficiência da mistura comercial trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]) no controle da ferrugem asiática, sob alta pressão de inoculo, e na produtividade da cultura da soja em função de diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos, por dois anos agrícolas, na unidade experimental Diogo Alves de Melo da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, localizada sob as coordenadas 20°45'14'', latitude S, 42°52'54'', longitude W e altitude de 649m. A variedade de soja utilizada foi a IPRO RK 7214, ciclo de 115 a 120 dias, hábito de crescimento indeterminado, semeada no sistema de plantio direto, com espaçamento de 50 cm entrelinhas e distribuição linear de 12 plantas por metro. A adubação de plantio, bem como os tratos culturais e aplicações de herbicida foram realizados de acordo com as recomendações indicadas para a cultura da soja. Os dados climáticos coletados durante o desenvolvimento dos experimentos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos coletados entre os meses de dezembro e março dos anos de 2016, 2017 e 2018

MÉDIAS MENSAIS				
	Ano - 2016	Ano - 2017		
	MÊS			
Dados climáticos	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Temperatura °C	22,76	23,68	22,93	21,99
Umidade (%)	74,55	95,63	93,14	93,12
	Ano - 2017	Ano - 2018		
	MÊS			
Dados climáticos	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Temperatura °C	22,89	20,99	21,99	22,01
Umidade (%)	79,03	75,19	78,46	78,84

Foram avaliadas seis pontas de pulverização, conforme especificação a seguir: jato plano defletor (TT-11001), jato plano defletor duplo (TTJ60-11002), jato cônico vazio (TXA 8003), jato cônico vazio (30HCX 12), jato leque simples (GRD120-02) e jato leque duplo com indução de ar (GAT11002).

Foram utilizadas duas áreas experimentais, sendo que em uma delas foi aplicado somente o corante Azul Brilhante para estudo de deposição. Na outra área aplicou-se a mistura formulada de trifloxistrobina (60 g i.a.ha^{-1}) + proclorazoxolol (70 g i.a.ha^{-1}) que corresponde a $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial FOX[®]. Junto a essa mistura formulada foi adicionado 0,25% de óleo mineral (Assist[®]). Cada parcela foi constituída por $3\text{m} \times 5\text{m}$ (15 m^2). Os terços das plantas de soja avaliados foram: superior, médio e inferior.

As aplicações de fungicida e de corante foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , munido de uma barra com quatro bicos distanciados a $0,5 \text{ m}$ entre si, e altura da barra de $0,5 \text{ m}$ em relação à cultura. Todas as pontas avaliadas trabalharam com pressão de 500 kPa (5 bar) e volume de calda de 200 L ha^{-1} .

Foram realizadas três aplicações de fungicida e de corante com intervalos de 15 dias, sendo a primeira no estágio fenológico V6-V7 (sétimo nó; sexto trifólio aberto), a segunda em R1 (início da floração: até 50 % das plantas com flor) e a terceira no estágio fenológico R4 (maioria das vagens no terço superior com 2-4 cm) (Figura 1). Os estádios de crescimento e desenvolvimento da cultura da soja foram acompanhados tendo como base a escala fenológica de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1982) adaptada de Yorinori et al. (1992).



Figura 1. Estádios fenológicos de plantas de soja no momento das três aplicações: V6-V7 – na primeira aplicação (A), R1 – na segunda aplicação (B) e R4 – na terceira aplicação (C).

No primeiro e no segundo ano, no momento das pulverizações, a temperatura média foi de 24,9° e 32,1° C, a umidade relativa do ar média 81 e 61% e a velocidade do vento 7,6 e 1,7 km h⁻¹ para primeira aplicação; na segunda aplicação a temperatura média foi de 23,7° e 27,8° C, a umidade relativa do ar média 74 e 77% e a velocidade do vento 6,2 e 2,4 km h⁻¹, e para a terceira aplicação a temperatura média foi de 23,2° e 30,6° C, a umidade relativa do ar média 80 e 63% e a velocidade do vento 4,9 e 2,05 km h⁻¹, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Os dados de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa foram coletados com o auxílio de um termo-higrômetro e anemômetro digital portátil.

A inoculação dos uredósporos de *P. pachyrhizi*, em todas as plantas da bordadura das parcelas experimentais, foi realizada no horário de temperatura mais amena (final da tarde), após a primeira aplicação do fungicida, utilizando-se um pulverizador manual contendo 1 x 10⁸ uredósporos/mL.

Área experimental I

Deposição do corante no dossel da cultura da soja

Nessa área foi avaliada a deposição do corante no dossel da soja em diferentes posições da planta. As avaliações de depósito nos terços superior, médio e inferior das plantas foram realizadas nas três aplicações do segundo ano agrícola. Para isso utilizou-se um traçador alimentício, o corante Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela empresa “Food, Drug & Cosmetic” (FD&C), como FD&C Blue n.1), e conforme metodologia de Palladini (2000), diluído em água na proporção de 3g L⁻¹. Após a aplicação, foram selecionadas 10 plantas por tratamento, de onde foram retirados três trifólios dos terços superior, médio e inferior, totalizando nove trifólios por planta, mantendo-os individualizados em sacos plásticos, posteriormente foram acondicionadas em caixas com isolamento térmico (isopor) e encaminhadas ao laboratório para extração do traçador. Para lavagem dos trifólios foram adicionados 20 mL de água destilada em cada saco plástico e submetidos à agitação, para a remoção do corante. Em seguida a solução da lavagem foi quantificada no espectrofotômetro Coleman[®] (D 33) de feixe duplo de UV - visível, para a leitura de absorbância no comprimento de onda de 630 nm (faixa de detecção do corante Azul Brilhante). Após a remoção do depósito, os trifólios tiveram sua área foliar quantificada utilizando o medidor de área foliar de bancada Licor Equipamentos[®] 3100.

Para obtenção do depósito no trifólio, foi feita uma curva de calibração do espectrofotômetro, a partir da leitura de soluções com concentrações conhecidas do corante, que gerou uma equação de regressão (Figura 2A, 2B e 2C). De posse da concentração inicial do corante na solução de lavagem dos trifólios e da equação de regressão, foi determinado o volume de corante retido nos trifólios.

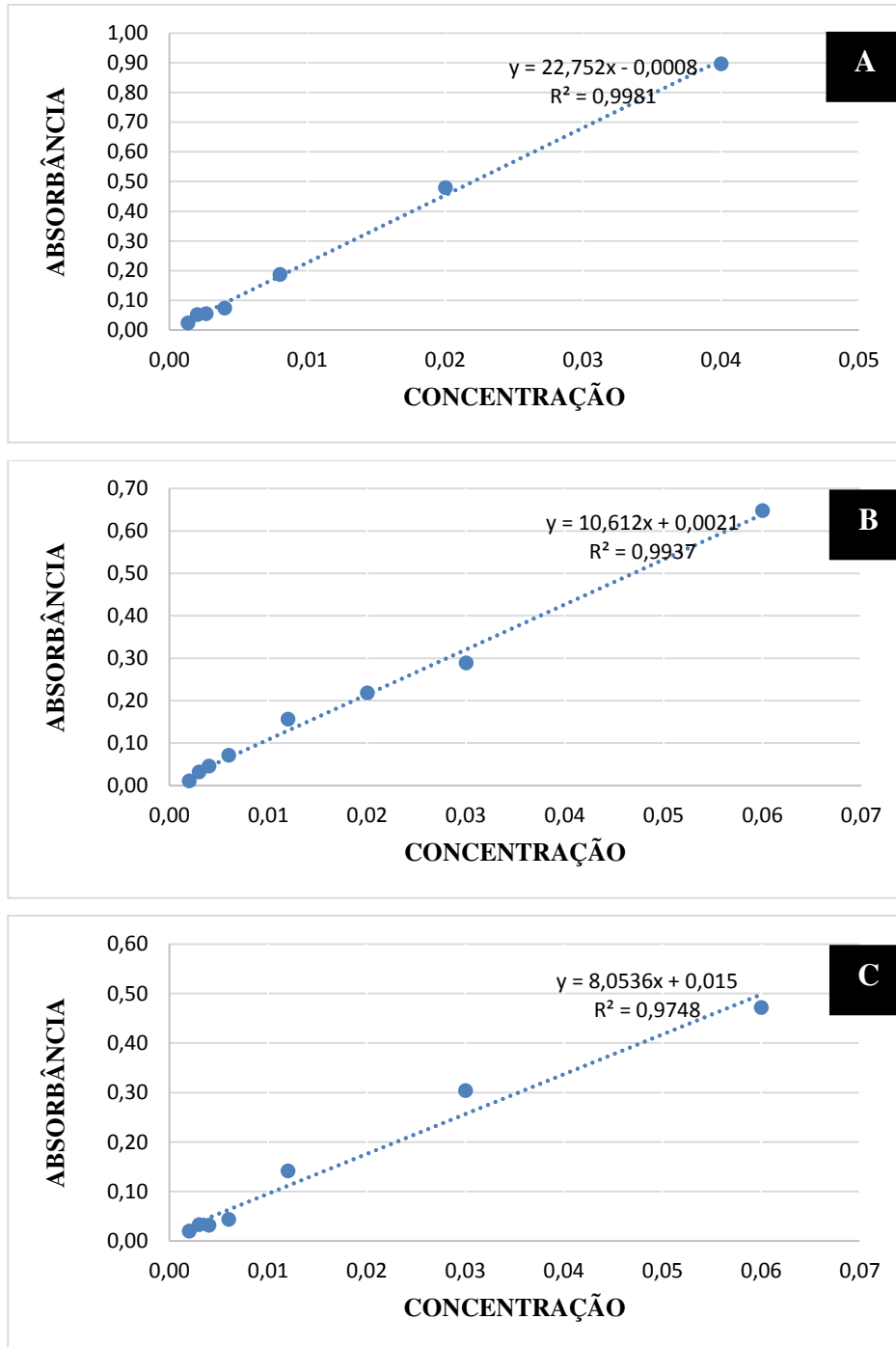


Figura 2. Curvas de calibração do corante azul brilhante obtidas através da absorbância a partir da diluição da calda aplicada na cultura da soja, na primeira aplicação (A), na segunda aplicação (B) e na terceira aplicação (C).

A partir da equação de regressão, os dados de absorbância foram transformados em valores de mg L^{-1} de corante depositado nos trifólios de soja, através da equação abaixo:

$$C_i.V_i = C_f.V_f$$

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).

Em seguida feita a divisão do volume depositado pela área das folhas de soja, obtendo-se assim, a quantidade em mL cm^{-2} . Para o estudo de deposição foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dez repetições, sendo cada repetição uma planta de soja.

Área experimental II

Nessa área, foram realizadas as análises de cobertura do dossel (%), densidade de gotas (gotas cm^{-2}), severidade da ferrugem asiática (%) e produtividade (kg ha^{-1}).

Cobertura do dossel pela calda de pulverização

As avaliações de cobertura foliar da pulverização foram realizadas em todas as três aplicações de fungicida, nos dois anos agrícolas, onde foram utilizados papéis hidrossensíveis (dimensões 76 x 26 mm), posicionados horizontalmente na face adaxial, colocados em 10 plantas por tratamento, nos terços superior, médio e inferior, totalizando 30 papéis por cada ponta avaliada. Os papéis foram fixados diretamente sobre as folhas de soja, sendo retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada e acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição da umidade (Figura 3).



Figura 3. Papéis hidrossensíveis posicionados horizontalmente na face adaxial das folhas de plantas de soja (A) e detalhe dos papéis hidrossensíveis fixados diretamente sobre as folhas de soja (B).

As análises dos papéis hidrossensíveis foram realizadas em laboratório através do scanner modelo DropScope®, que juntamente com o software permite a obtenção da área de cobertura (%) e densidade de gotas (gotas cm^{-2}). Para estas variáveis foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dez repetições, sendo cada repetição um papel hidrossensível.

Avaliação da severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições para as avaliações da severidade e produtividade.

A área experimental foi monitorada semanalmente por meio de coletas de 250 trifólios do terço inferior da cultura, na bordadura dos experimentos, até a detecção da ferrugem

asiática da soja. Depois de verificada a presença da doença, foram realizadas seis coletas, sendo removidos três trifólios dos terços superior, médio e inferior das plantas, totalizando nove trifólios por planta e 72 trifólios para cada ponta de pulverização avaliada. Os trifólios coletados foram escaneados e analisados no software Quant (VALE et al., 2003), para determinação da severidade da doença na superfície de cada trifólio.

Para avaliar a produtividade de grãos, todas as plantas presentes em uma área de 4 m² por parcela foram colhidas manualmente e em seguida trilhadas, com uma trilhadora estacionária. As amostras foram pesadas em balança de precisão, e calculada a produtividade da cultura, convertida para 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹.

Análise estatística dos dados

Nas duas áreas experimentais, o experimento foi conduzido segundo um esquema de parcela subdividida, exceto para os dados de produtividade, tendo nas parcelas as pontas de pulverização e nas subparcelas as partes das plantas (terço superior, médio e inferior). Foi realizada análise estatística conjunta dos dados obtidos nos dois anos agrícolas, exceto para os dados de deposição, os quais foram coletados apenas no segundo ano agrícola. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando o nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS

Por meio da análise dos dados, observaram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nas avaliações de porcentagem de área coberta, densidade de gotas, deposição de calda, severidade da ferrugem asiática da soja e produtividade. A Tabela 2 mostra o resumo da análise de variância para porcentagem de área coberta pela calda pulverizada pelas pontas nos estádios fenológicos V6, R1 e R4. No estágio fenológico V6 houve interação significativa entre os fatores terços e pontas. Já no estágio R1 houve efeito simples para os fatores pontas e terços. E para o estágio fenológico R4 houve interação dupla para terços e ano e para terços e pontas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para porcentagem de área coberta pela calda pulverizada pelas diferentes pontas, em três estádios fenológicos distintos (V6, R1 e R4)

FONTE DE VARIÇÃO	ÁREA COBERTA (%)			
	GL	Estádio V6 Quadrado Médio	Estádio R1 Quadrado Médio	Estádio R4 Quadrado Médio
Repetição	9	52,45 ^{ns}	122,06 ^{ns}	63,45 ^{ns}
Anos	1	144,65 ^{ns}	11,07 ^{ns}	413,69 [*]
Pontas	5	834,29 ^{**}	901,48 ^{**}	267,67 ^{**}
Anos x Pontas	5	252,87 [*]	94,19 ^{ns}	114,91 ^{ns}
Resíduo (a)	45	90,24	98,17	67,24
Terços	2	8553,66 ^{**}	18639,53 ^{**}	24114,99 ^{**}
Terços x Anos	2	15,71 ^{ns}	94,26 ^{ns}	268,41 [*]
Terços x Pontas	10	241,05 ^{**}	155,85 ^{ns}	150,98 [*]
Terços x Anos x Pontas	10	129,32 ^{ns}	184,54 ^{ns}	90,12 ^{ns}
Resíduo (b)	270	96,07	106,07	69,78
C.V. (%) da parcela		38,22	54,46	48,38
C.V. (%) da subparcela		39,44	56,61	49,29

GL – graus de liberdade. * F significativo a 5%; ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 3, no estágio V6 não houve diferença na porcentagem de cobertura nos papéis hidrossensíveis entre as pontas, nos terços superior e inferior, enquanto que no terço médio a maior porcentagem de área coberta foi promovida pela ponta TT-11001, que não diferiu das pontas TXA 8003 e 30HCX 12. No estágio R1, as pontas TT-11001, 30HCX 12 e TXA 8003 proporcionaram maior cobertura da superfície dos papéis hidrossensíveis, todavia não diferiram da ponta, TTJ60-11002, independentemente do terço da planta avaliado. Já no estágio R4, não houve diferença entre as pontas de pulverização nos três terços.

No que se refere às avaliações entre os terços da planta, houve maior porcentagem de cobertura pela calda pulverizada no terço superior, quando comparado com o terço inferior, nos três estádios fenológicos de plantas de soja.

Tabela 3. Valores médios, provenientes da análise conjunta, para porcentagem de área coberta pela calda pulverizada pelas diferentes pontas, em três estádios fenológicos distintos (V6, R1 e R4)

ÁREA COBERTA (%)				
TERÇO				
Estádio V6				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	34,7aA	36,00aA	21,4aB	30,7
TTJ60-11002	33,9aA	19,6bB	11,2aC	21,6
TXA 8003	32,6aA	29,1abA	20,9aB	27,5
30HCX 12	35,3aA	27,7abB	11,6aC	24,9
GRD120-02	29,8aA	23,1bAB	17,8aB	23,6
GAT11002	28,7aA	22,1bA	11,9aB	20,9
MÉDIA	32,5	26,6	15,8	
ANO 2017		24,2		
ANO 2018		25,5		
Estádio R1				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	35,6	18,0	12,4	22,0a
TTJ60-11002	27,3	16,8	7,6	17,2abc
TXA 8003	33,5	22,6	3,4	19,8ab
30HCX 12	36,1	23,0	8,2	22,4a
GRD120-02	26,8	10,0	2,0	13,0c
GAT11002	26,8	14,1	3,3	14,7bc
MÉDIA	31,0A	17,4B	6,1C	
ANO 2017		18,0		
ANO 2018		18,4		
Estádio R4				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	31,9aA	20,2aB	5,2aC	19,1
TTJ60-11002	34,6aA	12,1aB	2,9aC	16,5
TXA 8003	33,5aA	12,1aB	3,2aC	16,2
30HCX 12	33,6aA	20,5aB	2,9aC	19,0
GRD120-02	27,5aA	10,2aB	2,5aC	13,4
GAT11002	30,2aA	16,9aB	5,2aC	17,4
MÉDIA	31,7	15,3	3,7	
ANO 2017	31,1aA	12,6bB	3,9aC	
ANO 2018	32,6aA	18,0aB	3,4aC	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 4 mostra o resumo da análise de variância para densidade de gotas pulverizadas pelas pontas nos estádios fenológicos V6, R1 e R4. No estádio fenológico V6 houve interação significativa entre os fatores terços e pontas, e ano e pontas. Já no estádio R1

houve efeito simples para o fator ano e interação dupla para terços e pontas. E para o estágio fenológico R4 houve interação dupla para terços e ano e para terços e pontas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para densidade de gotas pulverizadas pelas diferentes pontas, em três estádios fenológicos distintos (V6, R1 e R4)

FONTE DE VARIACÃO	DENSIDADE DE GOTAS (gotas cm ⁻²)			
	GL	Estádio V6 Quadrado Médio	Estádio R1 Quadrado Médio	Estádio R4 Quadrado Médio
Repetição	9	16817,30 ^{ns}	10644,48 ^{ns}	20377,49 ^{ns}
Anos	1	445888,98 ^{**}	460131,10 ^{**}	589811,42 ^{**}
Pontas	5	363063,74 ^{**}	208699,92 ^{**}	150894,59 ^{**}
Anos x Pontas	5	121740,67 ^{**}	25408,58 ^{ns}	30172,31 ^{ns}
Resíduo (a)	45	22316,96	14876,44	15494,66
Terços	2	1007773,97 ^{**}	2122691,89 ^{**}	3534230,04 ^{**}
Terços x Anos	2	8684,06 ^{ns}	42371,36 ^{ns}	113351,86 ^{**}
Terços x Pontas	10	37289,61 ^{**}	31026,30 [*]	67733,02 ^{**}
Terços x Anos x Pontas	10	24737,12 ^{ns}	10305,17 ^{ns}	17263,03 ^{ns}
Resíduo (b)	270	16234,78	14012,38	17500,91
C.V. (%) da parcela		56,88	61,56	61,78
C.V. (%) da subparcela		48,52	59,75	65,66

GL – graus de liberdade. * F significativo a 5%; ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Para a densidade de gotas, Tabela 5, verificou-se que no estágio V6 houve maior homogeneidade no número de gotas por área analisada, para os três terços da planta de soja, sugerindo que a menor massa vegetal das plantas favoreceu a penetração e deposição do maior número de gotas. Já nos estádios R1 e R4, observou-se maior densidade de gotas, de modo geral, nos terços superior e médio, devido à arquitetura das plantas impedir maior número de gotas de atingir o terço inferior. Entretanto, o número de gotas depositado se manteve próximo ou acima de 30 gotas cm⁻², para todas as pontas, nos três terços da planta em ambos estádios fenológicos.

Tabela 5: Valores médios de densidade de gotas nos três terços da planta de soja, proporcionados por diferentes pontas de pulverização nas três épocas de aplicação (valores provenientes da análise conjunta)

DENSIDADE DE GOTAS (gotas cm⁻²)				
TERÇO				
Estádio V6				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	416abA	442aA	222abB	360
TTJ60-11002	276Ba	172bB	89bB	179
TXA 8003	357abA	302abA	266aA	308
30HCX 12	460Aa	327abB	186abC	324
GRD120-02	313abA	201bB	148abB	221
GAT11002	271Ba	195bA	86bB	184
MÉDIA	349	273	166	
ANO 2017		227b		
ANO 2018		298a		
Estádio R1				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	422abA	187abB	132aB	247
TTJ60-11002	277bcdA	179abB	90aC	182
TXA 8003	402abcA	238abB	49aC	230
30HCX 12	430Aa	260aB	113aC	268
GRD120-02	262cdA	100bB	21aB	128
GAT11002	242Da	119abB	45aB	135
MÉDIA	339	181	75	
ANO 2017		162b		
ANO 2018		234a		
Estádio R4				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	452Aa	248abB	63aC	254
TTJ60-11002	389abA	104bB	29aB	174
TXA 8003	484Aa	150abB	37aC	224
30HCX 12	422abA	305aB	46aC	258
GRD120-02	278Ba	136bB	30aC	148
GAT11002	269Ba	143abB	42aC	151
MÉDIA	382	181	41	
ANO 2017	330Ba	118bB	36aC	
ANO 2018	435Aa	244aB	47aC	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 6 mostra o resumo da análise de variância para deposição de calda pulverizada pelas pontas nos estádios fenológicos V6, R1 e R4. No estágio fenológico V6 houve interação dupla para pontas e terços, e nos estádios R1 e R4 houve efeito simples para os fatores pontas e terços.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para deposição de calda pulverizada pelas diferentes pontas, em três estádios fenológicos distintos (V6, R1 e R4)

FONTE DE VARIACÃO	DEPOSIÇÃO DE CALDA (mL cm ⁻²)			
	GL	Estádio V6	Estádio R1	Estádio R4
Repetição	9	0,121060 ^{ns}	0,0042 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
Pontas	5	0,630917*	0,0247**	0,0094**
Resíduo (a)	45	0,232758	0,0031	0,0022
Terços	2	1,617869**	0,4847**	0,0559**
Terços x Pontas	10	0,231643*	0,0037 ^{ns}	0,0031 ^{ns}
Resíduo (b)	108	0,106549	0,0022	0,0017
C.V. (%) da parcela		68,54	37,40	44,85
C.V. (%) da subparcela		46,37	31,17	38,74

GL – graus de liberdade. * F significativo a 5%; ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Considerando a deposição de calda em cada terço da planta (Tabela 7), verifica-se que no estágio fenológico V6 a deposição de calda não apresentou diferença significativa entre os três terços para as pontas, exceto para as pontas TT-11001 e GAT11002, as quais apresentaram menor deposição no terço inferior.

Entretanto, no que se refere às avaliações dentro dos terços, no estágio V6 a ponta TXA 8003 apresentou menor deposição nos terços superior e médio, já a maior deposição foi observada para pulverização com a ponta GAT11002. Para as demais pontas, não houve diferença entre elas dentro dos terços médio e inferior.

No estágio R1, a maior deposição foi proporcionada pelas pontas TTJ60-11002 e GAT11002, as quais não diferiram das pontas TXA 8003, GAT11002 e 30HCX 12. Já no estágio fenológico R4, a ponta TXA 8003 promoveu menor deposição de calda, entretanto tal

ponta não diferiu das pontas TT-11001, TTJ60-11002 e GAT11002. Independentemente das pontas avaliadas, verificou-se maior quantidade de calda depositada no terço superior, porém não houve diferença entre os terços médio e inferior.

Tabela 7. Valores médios de deposição nos três terços da planta de soja, proporcionados por diferentes pontas de pulverização nas três épocas de aplicação (valores provenientes da análise conjunta)

DEPOSIÇÃO DE CALDA (mL cm⁻²)				
ESTÁDIO V6				
TERÇO				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	Média
TT-11001	1,089abA	0,735aB	0,613aB	0,812
TTJ60-11002	0,906abA	0,650aA	0,640aA	0,732
TXA 8003	0,570bA	0,537aA	0,501aA	0,536
30HCX 12	0,871abA	0,766aA	0,548aA	0,728
GRD120-02	0,521bA	0,584aA	0,482aA	0,529
GAT11002	1,251aA	0,954aA	0,453aB	0,886
Média	0,868	0,704	0,540	
ESTÁDIO R1				
TERÇO				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	Média
TT-11001	0,255	0,084	0,070	0,136bc
TTJ60-11002	0,231	0,085	0,084	0,133bc
TXA 8003	0,184	0,085	0,075	0,115c
30HCX 12	0,264	0,118	0,102	0,161ab
GRD120-02	0,316	0,136	0,142	0,198a
GAT11002	0,264	0,118	0,067	0,150bc
Média	0,252A	0,104B	0,09B	
ESTÁDIO R4				
TERÇO				
PONTAS	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	Média
TT-11001	0,115	0,057	0,057	0,076b
TTJ60-11002	0,190	0,084	0,103	0,126a
TXA 8003	0,143	0,086	0,068	0,099ab
30HCX 12	0,128	0,080	0,110	0,106ab
GRD120-02	0,125	0,083	0,098	0,102ab
GAT11002	0,137	0,105	0,121	0,121a
Média	0,140A	0,093B	0,082B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância para porcentagem de severidade da ferrugem asiática. Houve interação dupla para pontas e terços.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para porcentagem de severidade da ferrugem asiática da soja após a aplicação com as diferentes pontas de pulverização

SEVERIDADE (%)		
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio
Bloco	3	100,40 ^{ns}
Anos	1	1,41 ^{ns}
Pontas	6	9188,25 ^{**}
Anos x Pontas	6	0,1945 ^{ns}
Resíduo (a)	18	119,30
Terços	2	2046,10 ^{**}
Terços x Anos	2	0,0850 ^{ns}
Terços x Pontas	12	471,11 ^{**}
Terços x Anos x Pontas	12	2,04 ^{ns}
Resíduo (b)	105	30,28
C.V. (%) da parcela		108,87
C.V. (%) da subparcela		54,85

GL – graus de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Na Tabela 9 estão dispostos os dados referentes à severidade da ferrugem asiática da soja dentro dos terços superior, médio e inferior das plantas. O efeito da aplicação de fungicida com as pontas na severidade da ferrugem asiática não diferiu entre si nos três terços, diferiu apenas da testemunha sem controle.

Porém, no que se refere aos efeitos da pulverização com as pontas na severidade da ferrugem entre os terços de plantas de soja, verificou-se que houve diferença na severidade da doença entre o terço superior, o qual apresentou maior severidade, e os demais, apenas para as pulverizações de fungicida com as pontas TXA 8003, GRD120-02 e GAT11002.

Tabela 9. Valores médios da severidade da ferrugem asiática após a aplicação com as diferentes pontas de pulverização (dados provenientes da análise conjunta)

SEVERIDADE (%)				
PONTAS	TERÇO			
	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	MÉDIA
TT-11001	0,0bA	0,4bA	4,7bA	1,7
TTJ60-11002	0,0bA	0,3bA	5,1bA	1,8
TXA 8003	1,3bB	0,4bB	12,4bA	4,7
30HCX 12	0,2bB	0,1bB	8,1bA	2,8
GRD120-02	0,0bB	0,4bB	9,0bA	3,1
GAT11002	0,0bA	2,3bA	3,1bA	1,8
TESTEMUNHA	29,5aC	60,8aB	72,8aA	54,3
MÉDIA	4,4	9,2	16,4	
ANO 2017		10,1		
ANO 2018		9,9		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 10 encontra-se o resumo da análise de variância para produtividade de soja, onde houve efeito simples para os fatores anos e pontas.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para produtividade de plantas de soja após a aplicação com as diferentes pontas de pulverização

PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)		
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio
Bloco	3	192797,90 ^{ns}
Anos	1	9874897,51 ^{**}
Pontas	6	2300029,20 ^{**}
Anos x Pontas	6	279740,05 ^{ns}
Resíduo	39	176869,02
C.V. (%)		11,31

GL – grau de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Observou-se efeito significativo das aplicações de fungicida com as diferentes pontas de pulverização sobre a produtividade de grãos, uma vez que na testemunha sem aplicação a produtividade da soja foi muito menor. Entretanto, o efeito das aplicações com as pontas de pulverização não diferiu entre si quanto à produtividade de grãos (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios de produtividade da soja após a aplicação com as diferentes pontas de pulverização (dados provenientes da análise conjunta)

PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)			
PONTAS	2017	2018	MÉDIA
TT-11001	4.620	3.470	4.045a
TTJ60-11002	4.509	3.382	3.946a
TXA 8003	4.541	3.339	3.940a
30HCX 12	4.281	3.577	3.929a
GRD120-02	4.258	3.420	3.839a
GAT11002	4.171	3.449	3.810a
TESTEMUNHA	2.582	2.446	2.514b
ANO – 2017	4.137a		
ANO – 2018	3.298b		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4 DISCUSSÃO

Segundo a classificação da Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biólogos - ASABE (2014), que desenvolveu o padrão ASABE S572.1, as gotas são classificadas como ultra grossas (>622 µm), extremamente grossas (428-622 µm), muito grossas (349-428 µm); grossas (218-349 µm), médias (177-218 µm), finas (136-177 µm), muito finas (50 - 136 µm) e extremamente finas (< 50 µm).

De acordo com a análise direta realizada em laboratório com um analisador de partículas em tempo real, o qual analisa as gotas em trânsito, o diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas pulverizadas pelas pontas TXA 8003, 30HCX 12, TT-11001, TTJ60-11002, GRD120-02 e GAT11002, é respectivamente, 100,41, 122,07, 163,48, 169,72, 202,40 e 200,88 µm. O espectro de gotas produzido pelas pontas 30HCX 12 e TXA 8003 é composto em sua maioria por gotas extremamente finas, muito finas, finas e médias, sendo que mais de 90% das gotas produzidas pelas pontas cônicas possui diâmetro de até 250 µm, nas pressões de 3, 4 e 5 bar. Já as pontas TTJ60-11002, TT-11001, GRD120-02 e GAT11002 promoveram a pulverização de um espectro de gotas distribuído, em sua maioria, entre gotas finas e grossas. Mais de 80% das gotas produzidas por tais pontas possui diâmetro superior a 100 µm, para as pressões de 3, 4 e 5 bar (Artigo I).

É esperado que, de forma geral, pontas que produzem gotas finas promovam maior cobertura do alvo (SILVA et al., 2014), principalmente em condições de baixa velocidade do vento, porém exigem maior atenção, pois são facilmente transportadas pelo vento, logo,

apresentam maior risco de deriva e evaporação. Segundo De Oliveira et al. (2011), gotas finas são recomendadas quando é necessária maior cobertura e penetração no dossel das plantas e gotas médias ou grossas quando a aplicação ocorre em condições de maior risco de deriva. Apesar da constatação de Silva et al. (2014) e De Oliveira et al. (2011), não foi observada, no presente estudo, maior cobertura e deposição de calda na superfície foliar das plantas com a pulverização utilizando as pontas que produzem maior porcentagem de gotas finas em comparação com as que produzem mais gotas médias, nos três estádios fenológicos e nos terços médio e inferior das plantas de soja.

De forma geral, as pontas utilizadas promoveram semelhante cobertura do alvo e deposição de calda dentro de cada terço avaliado, com uma taxa de aplicação de 200L ha⁻¹ e pressão de trabalho de 5 bar, independentemente da distribuição da porcentagem de diâmetro de gotas. Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com Hanna et al. (2009) e Wolf e Daggupati (2009) para pulverização de fungicida na cultura da soja, os quais afirmam que o diâmetro da gota não deve ser necessariamente muito reduzido para penetrar no dossel e se depositar nos terços médio e inferior das plantas, o que evita o risco de perda por deriva.

Estudo com diferentes pontas de pulverização mostrou que as aplicações com ponta de jato cônico vazio foram mais eficientes em promover a penetração da calda no dossel da soja quando comparado a outros tipos de ponta (CUNHA et al., 2011) e que as pontas de jato cônico vazio – ATR são mais eficientes do que as jato cônico vazio com indução de ar – TVI (CUNHA et al., 2016). Entretanto, FARINHA et al. (2009), estudando pontas de jato plano (AI 110015 a 150L ha⁻¹, AI 11002 a 200 e 250L ha⁻¹); pontas de jato plano duplo (TJ 60 11002 a 150, 200 e 250L ha⁻¹); pontas de jato cônico (TX-6 a 150, TX-8 a 200 e TX-10 a 250L ha⁻¹) e pontas de jato plano duplo e baixa deriva (DGTJ 11002 a 200L ha⁻¹) sobre a deposição de calda com pulverização terrestre em cultivares de soja no estágio R1, não encontraram bom desempenho, em relação à deposição de calda na parte basal, com o emprego de gotas finas pulverizadas por ponta de jato cônico TX6 e volume de calda de 150 L ha⁻¹. Sendo assim, não são unânimes os resultados de estudos que confirmam maior eficiência de pontas que proporcionam a pulverização de gotas finas sobre a cobertura e deposição de calda no alvo biológico, em comparação com as que produzem gotas médias. Portanto, não é regra geral que gotas finas promovam maior cobertura e deposição de calda em plantas com alto índice de área foliar, como ficou evidente no presente estudo.

O fato de os valores de porcentagem de cobertura foliar e deposição de calda não serem diferentes para gotas médias e finas podem estar relacionados com as condições

climáticas no momento da aplicação. As gotas muito finas produzidas pelas pontas cônicas têm tempo de vida (tempo de extinção) muito reduzido, em função do baixo volume de água que contém. Assim, quando em altas temperaturas e umidade relativa do ar baixa, esta água, que é o diluente do produto químico, pode evaporar mais facilmente, formando uma partícula minúscula de ingrediente concentrado que não é absorvido e que pode ser removido da superfície foliar pela ação do vento ou chuva, reduzindo a eficácia do produto. As gotas médias produzidas pelas pontas TT-11001, TTJ60-11002, GRD120-02 e GAT11002 podem ter sofrido redução de diâmetro, facilitando a penetração ao longo do dossel das plantas, tornando-se assim o resultado final de cobertura e deposição bastante semelhante às pontas com gotas finas.

Já a diferença observada na área de cobertura da superfície foliar e deposição de calda entre os terços em cada estágio fenológico avaliado pode ser explicada em função da diferença na arquitetura das plantas nos diferentes estágios fenológicos. No estágio V6 as plantas de soja encontravam-se em estágio de pré-fechamento das linhas de plantio da cultura, desta forma a calda foi depositada de forma mais homogênea ao longo do dossel da cultura. Por outro lado, devido à maior densidade de folhas que as plantas de soja apresentavam em estágio R1 e R4, com as linhas de plantio já fechadas, houve maior dificuldade de penetração no dossel pelas gotas pulverizadas. Em outros trabalhos a arquitetura da planta nos diferentes estágios de desenvolvimento da soja (TORMEN et al., 2012), área foliar (SOUZA et al., 2007), assim como a distribuição espacial do dossel (WISE et al., 2010) foram os principais responsáveis pela diferença dos depósitos encontrados entre a pulverização no estágio R1 e R4 das plantas de soja. Esses autores mencionados também relataram menor deposição no terço inferior do dossel.

Existe um consenso entre os autores de que a cobertura foliar no terço superior das plantas de soja é maior quando se realiza uma pulverização de produtos fitossanitários (BOSCHINI et al., 2008; FARINHA et al., 2009, PRADO et al., 2010; PRADO et al., 2015), o que pode ser explicado pela sobreposição das folhas localizadas no terço superior que dificulta a penetração das gotas no dossel da cultura da soja. Além disso, a maior cobertura do terço superior já era esperada tendo em vista a menor distância das pontas de pulverização em relação às folhas de soja no terço superior se comparadas às folhas situadas nos terços médio e inferior, o que tende a aumentar a porcentagem de cobertura nesta altura em relação às demais. Comparando a deposição da calda de pulverização em diferentes partes de plantas de soja e milho, em aplicação realizada com pontas de jato plano, Silva et al. (2014) observaram

maior cobertura, para as duas culturas, na posição superior da planta e menor cobertura nos terços inferiores. Verificaram também maior cobertura na posição inferior das plantas de milho em relação à soja, o que está relacionado ao maior volume foliar da posição superior da planta de soja.

No que se refere à densidade de gotas, os valores observados neste trabalho, para todas as pontas avaliadas, estão adequados para aplicação de fungicida sistêmico, conforme Christofolletti (1999) e Ugalde (2005), os quais recomendam de 30 a 45 gotas cm^{-2} .

A porcentagem de área coberta, a deposição e densidade de gotas promovidas por todas as pontas de pulverização foram suficientes para proporcionar baixa severidade da ferrugem asiática em relação à testemunha, portanto, promoveram controle satisfatório da doença. A baixa porcentagem da severidade da ferrugem asiática nas plantas pulverizadas pode estar relacionada à primeira pulverização, em V6, a qual proporcionou maior cobertura e deposição da calda sobre o alvo biológico e, como consequência, maior controle da doença, devido ao efeito protetor do fungicida que reduziu o avanço da doença. A maior severidade da ferrugem no primeiro ano pode ter ocorrido em função das condições ambientais (Tabela 1) terem sido mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, ou seja, a temperatura estava na faixa ideal para o fungo e alta umidade relativa do ar.

De acordo com Chechetto et al. (2013) e Gandolfo et al. (2014), maior cobertura foliar tende a promover maior eficácia no controle de doenças. Desta forma, para recomendação de pontas, deve-se considerar o estágio fenológico e massa vegetal da cultura. Trabalhos avaliando a deposição de calda no dossel inferior em plantas com densas massas vegetais, com pulverização hidráulica convencional, não relataram alta cobertura do alvo pelas pontas estudadas. Além disso, a deposição e a cobertura no terço inferior em plantas de soja muito enfolhadas, independentemente da ponta, em geral, não são elevadas (CUNHA et al., 2016). Portanto, as pulverizações devem se iniciar quando as plantas ainda não apresentarem índice de área foliar muito elevado. Em estudo com populações e espaçamentos entre plantas de soja, foi observado que o rápido fechamento nas entrelinhas favorece a incidência de doenças, além de prejudicar a penetração e a cobertura das gotas pulverizadas (HEIFFIG et al., 2006).

No presente estudo, as pulverizações em estágio V6 proporcionaram boa deposição do fungicida, principalmente no terço inferior e, conseqüentemente, houve a prevenção do aumento da doença, visto que o fungicida utilizado é um produto considerado sistêmico. Desta forma, embora nas pulverizações em estágio R1 e R4 a deposição do ingrediente ativo tenha sido reduzida em função do índice de área foliar, porém a quantidade de produto que

atingiu os terços inferiores foi suficiente para manter a severidade da ferrugem em níveis baixos. O fungicida aplicado para o controle da ferrugem foi a mistura formulada de trifloxistrobina, que tem ação mesostêmica ou translaminar, e o protioconazol com ação sistêmica. Logo é essencial conhecer o perfil de penetração das gotas produzidas pelas pontas hidráulicas no dossel da cultura, assim como interações das características da formulação do produto com o alvo biológico (ALMEIDA et al., 2016).

Diante do exposto, as aplicações de fungicida com as diferentes pontas de pulverização influenciaram positivamente da mesma forma o controle da severidade e produtividade da cultura da soja. Portanto, a porcentagem de cobertura, a deposição da calda e a densidade de gotas pulverizadas foram suficientes para um bom efeito do fungicida no controle da ferrugem asiática e promover boa produtividade da soja. A menor produtividade observada no segundo ano de condução do ensaio ocorreu devido a sementeira tardia da soja no início do mês de fevereiro, coincidindo com o período de fotoperíodo mais curto.

5 CONCLUSÕES

Todas as pontas avaliadas proporcionaram número de gotas (densidade), nos três terços da planta de soja compatível com a recomendação da literatura para aplicação de fungicidas sistêmicos.

A porcentagem de área coberta e a deposição de fungicida no dossel da soja, promovidas por todas as pontas de pulverização, foram suficientes para proporcionar controle satisfatório da ferrugem asiática, sem perda significativa de produtividade.

Todas as pontas de pulverização avaliadas podem ser recomendadas para serem utilizadas na pulverização do fungicida FOX[®] (trifloxistrobina + protioconazol) na cultura da soja para controle da ferrugem, quando o volume de calda aplicado for de 200L ha⁻¹.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. P.; AGOSTINI, A. R.; YAMAUCHI, A. K. F.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Application Volumes and Sizes of Droplets for the Application of Diquat Herbicide in the Control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n.1, p. 171-179, 2016.

ASABE. ASABE Standard, S572. 51st Edn. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St Joseph, MI: ASABE. 2014.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.275-84, 2004.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171- 175, 2008.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Pulverização ou aplicação? São Paulo: Teejet South America. 1999. 71 p. Boletim Técnico BT-01/99.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.4, n.9, nov. 2019.

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

CUNHA, J. P. A. R da; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010.

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**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.6, p. 761-768, 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; PEREIRA, R. G. Efeitos de pontas e volumes de pulverização no controle químico de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 533-538, 2009.

DE OLIVEIRA, M. A. P.; ANTUNIASSI, U. R. Eficácia do flutriafol e do flutriafol + tiofanato metílico aplicados com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 94-112, 2011.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p.1738-1744, 2009.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. de. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p.66-73, 2014.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 497-504, 2010.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; MOREIRA, E. N.; BORGES, E. P.; ANDRADE JÚNIOR, E. R.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; ARAÚJO JÚNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; BELUFI, L. M. R.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLFF, M. R.; GOUSSAIN, M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. F.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J. VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

HANNA, H. M.; ROBERTSON, A. E.; CARLTON, W. M.; WOLF, R. E. Nozzle and Carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 25, n. 1, p. 5-13, 2009.

HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar na cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

NEGRISOLI, M. M.; RAETANO, C. G.; SOUZA, D. M.; SOUZA, F. M. S.; BERNARDES, L. M.; JUNIOR L. D. B.; RODRIGUES D. M.; SARTORI, M. M. P. Performance of new flat fan nozzle design in spray deposition, penetration and control of soybean rust. **European Journal of Plant Pathology**, v. 155, n. 3, p. 755-767, 2019.

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Philadelphia, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

NUYTTENS, D.; TAYLOR, W. A.; SCHAMPHELEIRE, M.; VERBOVEN, P.; DEKEYSER, D. Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. **Biosystems Engineering**, Philadelphia, v. 103, n. 3, p. 271-280, 2009.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; COSTA, S. I. A.; CHRISTOVAM, R. S. Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 514-527, 2015.

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.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Coop. Ext. Serv., 1982, 20 p. (Special Report, 53).

SILVA, B. M. da; RUAS, R. A. A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L. R.; CAIXETA, L. F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 22, n.1, p. 17-24, 2014.

SOUZA, R. T. de; CASTRO, R. D. de; PALLADINI, L. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp, p.75-82, 2007.

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

UGALDE, M. G. **Controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*Sidow) na cultura da soja**. Santa Maria: UFSM, 2005. 66p. Dissertação Mestrado.

VALE, F. X. R.; FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. **Programa Quant-versão 1.0.1.-Quantificação de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2002.

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, Washington, v. 29, n. 4, p. 378-385, 2010.

WOLF, R. E.; DAGGUPATI, N. P. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 25, n. 1, p. 23-30, 2009.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. L.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of Soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, St. Paul, v 89, n.6, p. 675-677, 2005.

YORINORI, J. T.; CHARCHAR, M. J. D. A.; NASSER, L. C. B.; HENNING, A. A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P.I de M. (ed.), **Cultura da Soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. p. 362-373.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the ASABE**, St Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

ARTIGO III

VOLUMES DE CALDA DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

RESUMO

A soja é a principal cultura de grãos produzida no Brasil, porém pode ter graves perdas de produção em função da incidência da ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi*. A aplicação de fungicida é o principal método de controle da ferrugem. Visando reduzir os custos de aplicação, tem sido verificada tendência em reduzir os volumes de calda de pulverização. Objetivou-se, com este estudo, avaliar a eficiência da aplicação da mistura comercial trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]) em diferentes volumes de calda de pulverização na cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja. Avaliou-se também, o controle da ferrugem em alta pressão de inoculo, assim como a produtividade de grãos. Foram avaliados os volumes de calda: 50 L ha⁻¹; 100 L ha⁻¹; 150 L ha⁻¹; 200 L ha⁻¹; 300 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹ em três aplicações de fungicida, em R1, R4 e R5.5 com intervalos de 15 dias, com a ponta TT 11001 da marca Teejet[®], na pressão de trabalho de 5 bar. Verificou-se relação direta entre o aumento do volume de calda e os níveis de cobertura da pulverização nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. O aumento do volume de calda proporcionou maior cobertura foliar, mas não alterou o controle da ferrugem e nem a produtividade da cultura da soja. A mistura comercial trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]) pode ser aplicada com o volume de calda de 50 L ha⁻¹, em condições ambientais favoráveis, para o controle da ferrugem.

Palavras-chave: *Glycine max.* Tecnologia de Aplicação. Cobertura. Severidade. Produtividade.

SPRAY VOLUME IN THE CONTROL OF ASIAN SOY RUST

ABSTRACT

Soy is the main grain crop produced in Brazil, however it can have severe production losses due to the incidence of asian rust caused by the fungus *Phakopsora pachyrizi*. Fungicide application is the main method of rust control. In order to reduce application costs, there has been a trend to reduce spray volumes. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the application of the commercial mixture trifloxystrobin + prothioconazole (FOX®) in different volumes of spray in leaf cover in the lower, middle and upper thirds of soybean plants. The control of rust at high inoculum pressure was also evaluated, as well as grain yield. The spray volumes were evaluated: 50 L ha⁻¹; 100 L ha⁻¹; 150 L ha⁻¹; 200 L ha⁻¹; 300 L ha⁻¹ and 400 L ha⁻¹ in three fungicide applications, in R1, R4 and R5.5 at 15 day intervals, with the TT 11001 tip from Teejet®, at a working pressure of 5 bar. There was a direct relationship between the increase in spray volume and the levels of deposit and spray coverage in the upper, middle and lower thirds of soybean plants. The increase in the volume of provided greater coverage and greater deposit, but did not alter the rust control or the productivity of the soybean crop. The commercial mixture trifloxystrobin + prothioconazole (FOX®) can be applied with a spray volume of 50 L ha⁻¹, under favorable environmental conditions, to control rust.

Keywords: *Glycine max.* Application Technology. Coverage. Severity. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) (L.) Merrill é a principal cultura de grãos do Brasil, ocupando mais de 33 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 115 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2019). É considerada a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, contudo, todo seu potencial produtivo pode ter graves perdas em função da incidência do fungo causador da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), uma das mais importantes doenças dessa cultura (YORINORI et al., 2005). A ferrugem asiática pode ocasionar danos que variam de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde ocorre sua incidência (YORINORI et al., 2005; HARTMAN et al., 2015). A aplicação de fungicida é o principal método de controle da ferrugem asiática, uma vez que não existe cultivares de soja resistente a esta doença (GARDIANO et al., 2010).

Dentre os produtos registrados para o controle da ferrugem, a mistura comercial de trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]), pertencente ao grupo das estrobirulinas e triazóis, com mecanismos de ação sistêmico e mesostêmico respectivamente, tem se destacado como uma das misturas mais eficientes, conforme Godoy, et al. (2017). A combinação desses dois fungicidas é recomendada para a cultura da soja na dose de 60 g i.a. ha⁻¹ e 70 g i.a. ha⁻¹ dos ingredientes ativos trifloxistrobina e protioconazol, que equivale a 0,4 L ha⁻¹ da mistura comercial. A primeira aplicação preventiva deve ser realizada no estágio fenológico R1, ou no final da fase vegetativa, caso seja visualizado os primeiros sintomas da doença e as demais aplicações em intervalos de 15 a 21 dias, conforme a bula do produto.

Embora existam produtos eficientes no controle da ferrugem, muitas vezes essa doença não é eficientemente controlada por falta de boa distribuição da calda pulverizada no dossel da planta (BOLLER et al., 2007). De maneira geral, a calda pulverizada se deposita em pequena quantidade nos terços inferiores e partes internas do dossel das culturas (FARINHA et al., 2009). Como os primeiros sintomas da ferrugem são observados no terço inferior da planta, geralmente, a partir do florescimento da cultura e após o adensamento das plantas, a aplicação precisa oferecer a máxima capacidade de penetração das gotas pela massa de folhas e a melhor cobertura e depósito possíveis da calda pulverizada (RAETANO, 2007; ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2011). Porém, se a penetração e cobertura das gotas não ocorrerem de forma satisfatória, o ingrediente ativo não se deposita no alvo de maneira eficiente, resultando na necessidade de nova aplicação, encurtando o intervalo entre aplicações (NAVARINI, 2007).

Uma aplicação eficiente depende de boa seleção das pontas de pulverização, para que se tenha tamanho de gotas adequado e ajuste do volume de calda e dos parâmetros operacionais. Depende também das condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, levando sempre em consideração as recomendações de cada produto (PASCUZZI et al., 2017). É de suma importância o conhecimento da biologia e o comportamento do alvo biológico a ser atingido para que o controle seja eficiente (BALAN et al., 2012). Horário inadequado para aplicação e condições ambientais desfavoráveis provocam perda do ingrediente ativo das caldas de pulverização. Alta temperatura e baixa umidade relativa do ar causam a evaporação mais rápida das gotas (BALAN et al., 2008).

Embora existam produtores que acreditam que altos volumes de calda sejam essenciais para que se obtenha sucesso na aplicação e que boa eficiência depende de maior molhamento da superfície foliar das plantas ou o solo, isso nem sempre é verdade. O volume de calda não é o responsável pelo controle do inseto praga, do patógeno ou da planta daninha e sim a distribuição uniforme da calda no alvo desejado, uma vez que o molhamento excessivo ocasiona perdas por escorrimento (VAN ZYL et al., 2014). Com o intuito de reduzir os custos de aplicação, tem sido verificada tendência em diminuir o volume de calda de pulverização, cuja redução acarretará maior competitividade agrícola e sustentabilidade ambiental (TEIXEIRA et al., 2010).

A eficiência operacional é influenciada diretamente pelo volume de calda, visto que o tempo gasto para reabastecimento retarda o ritmo operacional dos pulverizadores (ANTUNIASSI e BOLLER, 2011), além de a redução do volume diminuir o desperdício de água. Isso requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, uma vez que para aplicação de menor volume é necessário o uso de gotas finas, com maior risco de perdas por deriva e evaporação, além de menor quantidade de calda depositada (BAYER et al., 2011). Portanto, é necessário conhecer a combinação mais adequada de densidade de gotas e diâmetro das mesmas, assim como volume aplicado e concentração de ingredientes ativos na calda de pulverização. Segundo recomendação da BAYER, fabricante da mistura comercial de trifloxistrobina + prothioconazol (FOX[®]) o volume ideal de calda para aplicação dessa mistura varia de 70 a 150 L ha⁻¹. Entretanto, não existe consenso sobre a recomendação de determinado volume de calda para aplicação de fungicida na cultura da soja. Alguns autores têm utilizado volumes de calda variando de 50 a 200 L ha⁻¹, para controle da ferrugem asiática da soja, aplicados por pontas hidráulicas e via terrestre (CUNHA et al., 2006; CUNHA et al., 2014 e CHECHI, et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se, com este estudo, avaliar a eficiência de diferentes volumes de calda de pulverização na cobertura foliar nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja. Objetivou-se, também, avaliar o controle da ferrugem em alta pressão de inoculo, assim como a produtividade de grãos em função da aplicação da mistura comercial trifloxistrobina + protioconazol (FOX[®]) em diferentes volumes de calda de pulverização, porém na mesma dose dos produtos por hectare.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos, por dois anos agrícolas, na unidade experimental Diogo Alves de Melo da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, localizada sob as coordenadas 20°45'14'', latitude S, 42°52'54'', longitude W e altitude de 649 m. A variedade de soja utilizada foi a IPRO RK 7214, ciclo de 115 a 120 dias, hábito de crescimento indeterminado, semeada no sistema de plantio direto, com espaçamento de 50 cm entrelinhas e distribuição linear de 12 plantas por metro. A adubação de plantio, bem como os tratos culturais e aplicações de herbicida foram realizados de acordo com as recomendações indicadas para a cultura da soja.

Os dados climáticos coletados durante o desenvolvimento dos experimentos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos coletados entre os meses de dezembro e março dos anos de 2016, 2017 e 2018

MÉDIAS MENSAIS					
	Ano - 2016	Ano - 2017			
		MÊS			
Dados climáticos	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	
Temperatura °C	22,76	23,68	22,93	21,99	
Umidade (%)	74,55	95,63	93,14	93,12	
	Ano - 2017	Ano - 2018			
		MÊS			
Dados climáticos	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	
TEMPERATURA °C	22,89	20,99	21,99	22,01	
UMIDADE (%)	79,03	75,19	78,46	78,84	

Foram avaliados os seguintes volumes de calda: 50 L ha⁻¹; 100 L ha⁻¹; 150 L ha⁻¹; 200 L ha⁻¹; 300 L ha⁻¹ e 400 L ha⁻¹, visando aplicar a mistura formulada de trifloxistrobina (60 g

i.a.ha⁻¹) + prothioconazol (70 g i.a.ha⁻¹) que corresponde a 0,4 L ha⁻¹ do produto comercial FOX[®]. Junto a essa mistura formulada foi adicionado 0,25% de óleo mineral (Assist[®]). Cada parcela foi constituída por 3 m x 5 m (15 m²).

As aplicações do fungicida foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de uma barra com dois ou quatro bicos distanciados de 1,0 e 0,5 m entre si, respectivamente, altura da barra de 0,5 m em relação à cultura, com ponta de aplicação do tipo jato plano, tipo leque, modelo TT 11001 da marca Teejet[®]. A pressão de trabalho utilizada foi 500 kPa (5 bar) para todos os volumes, alterando, nesse caso, as velocidades de deslocamento e o espaçamento entre bicos para atingir os diferentes volumes. Para todos volumes de calda aplicados procurou-se manter a pressão de 5 bar de forma constante, de modo a produzir gotas de DMV de em torno de 163 µm, conforme a caracterização prévia do espectro de gotas realizada de forma direta com um analisador de partículas em tempo real (Artigo I).

Foram realizadas três aplicações de fungicida, intercaladas a cada 15 dias. A primeira ocorreu no estágio fenológico R1 (início da floração: até 50 % das plantas com flor), a segunda em R4 (maioria das vagens no terço superior com 2-4 cm) e a terceira no estágio fenológico R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % de granação), como mostra a Figura 1. Os estádios de crescimento e desenvolvimento da cultura da soja foram acompanhados, tendo como base a escala fenológica de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1982) adaptada de Yorinori et al. (1992).

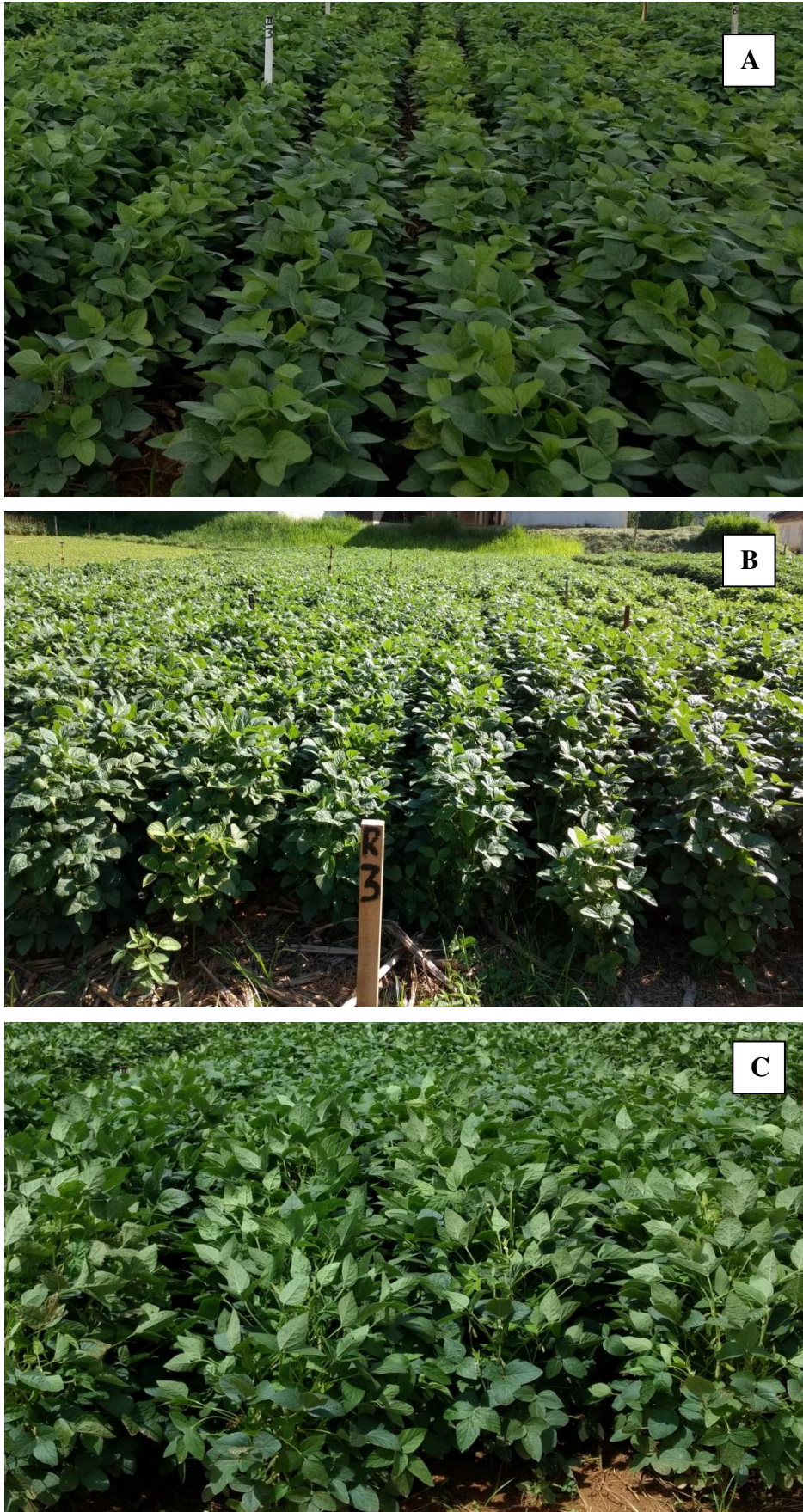


Figura 1. Plantas de soja no momento da primeira (A), segunda (B) e terceira aplicação (C).

Durante a aplicação dos tratamentos, no primeiro e no segundo ano, a temperatura média foi de 27,5° e 28,3° C, a umidade relativa do ar média 59 e 64% e a velocidade do vento 5,7 e 13,4 km h⁻¹ para primeira aplicação; na segunda aplicação a temperatura média foi de 28,0° e 30,1° C, a umidade relativa do ar média 57 e 83% e a velocidade do vento 3,0 e 4,6 km h⁻¹, e para a terceira aplicação a temperatura média foi de 26,2° e 32,6° C, a umidade relativa do ar média 70 e 79% e a velocidade do vento 4,3 e 10,1 km h⁻¹, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Os dados de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa foram coletados com o auxílio de um termo-higrômetro e anemômetro digital portátil.

A inoculação dos uredósporos de *P. pachyrhizi* foi realizada no período de temperatura mais amena (final da tarde), após a primeira aplicação do fungicida, utilizando-se um pulverizador manual contendo 1 x 10⁸ uredósporos/mL, em todas as plantas da bordadura das parcelas experimentais.

Avaliação da Cobertura do dossel pela calda de pulverização

As avaliações de cobertura foliar da pulverização foram realizadas em todas as três épocas de aplicação do fungicida, utilizando papéis hidrossensíveis (dimensões 76 x 26 mm), posicionados horizontalmente e na face adaxial, nos terços superior, médio e inferior da planta, colocados em 8 plantas (em ambos os lados) por cada volume de calda avaliado, sendo duas plantas em cada parcela experimental. Os papéis foram fixados diretamente sobre as folhas de soja utilizando-se fita adesiva dupla face, sendo retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada e acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição da umidade (Figura 2).



Figura 2. Papéis hidrossensíveis posicionados horizontalmente na face adaxial das folhas de plantas de soja.

As análises dos papéis hidrossensíveis foram realizadas através do scanner modelo DropScope®, que juntamente com o software permitiu a obtenção da área coberta (%) e densidade de gotas (gotas cm^{-2}). Para estas variáveis foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco, 15 e 10 repetições, respectivamente para os estádios R1, R4 e R5.5, sendo cada repetição um papel hidrossensível.

Avaliação da severidade da ferrugem e produtividade da soja

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições para as avaliações de severidade e produtividade.

A área experimental foi monitorada semanalmente por meio de coletas de 250 trifólios do terço inferior da cultura, na bordadura dos experimentos, até a detecção da ferrugem asiática da soja. Depois de verificada a presença da doença, foram realizadas seis coletas, sendo removidos três trifólios dos terços superior, médio e inferior de 8 plantas, totalizando nove trifólios por planta e 72 trifólios para cada tratamento. Os trifólios coletados foram escaneados e analisados no software Quant (VALE et al., 2002), que determinou a severidade da doença na superfície de cada trifólio.

Para determinação da produtividade de grãos foi realizada a remoção manual de todas as plantas presentes em uma área de 4 m² por parcela e em seguida as plantas foram trilhadas, com uma trilhadora estacionária para obtenção dos grãos. As amostras foram pesadas em balança de precisão, e calculada a produtividade de grãos, convertida para 13% de umidade e expressa em kg ha⁻¹.

Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido segundo um esquema de parcela subdividida, exceto para os dados de produtividade, tendo na parcela os volumes de calda e nas subparcelas as partes das plantas (terço superior, médio e inferior). Foi realizada análise estatística conjunta dos dados obtidos nos dois anos agrícolas para a porcentagem de área coberta, densidade de gotas, severidade da ferrugem e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando o nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011). Foi feita análise de regressão das variáveis em função dos volumes de calda com auxílio do programa SAEG[®] (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3 RESULTADOS

Por meio da análise conjunta dos dados, referentes aos dois anos agrícolas, observaram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nas avaliações de porcentagem de área coberta, densidade de gotas, severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja.

As Tabelas 2 e 3 mostram o resumo da análise de variância para densidade de gotas e porcentagem de área coberta pela calda pulverizada nos estádios fenológicos R1, R4 e R5.5, conforme os diferentes volumes de calda. Nos três estádios fenológicos avaliados houve interação significativa entre os fatores terços e volumes de calda para as variáveis área coberta e densidade de gotas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para área coberta (%) e densidade de gotas (gotas cm^{-2}), após a aplicação dos diferentes volumes de calda, no estágio fenológico R1 de plantas de soja

ESTÁDIO FENOLÓGICO R1			
		Área coberta	Densidade de gotas
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio	Quadrado Médio
Repetição	4	159,18 ^{ns}	22862,58 [*]
Anos	1	5,88 ^{ns}	40,60 ^{ns}
Volumes	5	1858,45 ^{**}	172602,77 ^{**}
Anos x Volumes	5	11,77 ^{ns}	5319,16 ^{ns}
Resíduo (a)	20	72,46	6764,18
Terços	2	11915,37 ^{**}	1292669,56 ^{**}
Terços x Anos	2	84,22 ^{ns}	10108,09 ^{ns}
Terços x Volumes	10	225,77 ^{**}	42896,28 ^{**}
Terços x Anos x Volumes	10	9,81 ^{ns}	3099,59 ^{ns}
Resíduo (b)	120	52,80	6794,26
C.V. (%) da parcela		45,54	43,70
C.V. (%) da subparcela		38,88	43,80

GL – graus de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. * F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para área coberta (%) e densidade de gotas (gotas cm⁻²), após a aplicação dos diferentes volumes de calda, para os estádios fenológicos R4 e R5.5 de plantas de soja

ESTÁDIO FENOLÓGICO R4			
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Área coberta	Densidade de gotas
		Quadrado Médio	Quadrado Médio
Repetição	14	54,84 ^{ns}	7740,28 ^{ns}
Volumes	5	1216,20 ^{**}	248300,70 ^{**}
Resíduo (a)	69	70,21	10488,00
Terços	2	10270,34 ^{**}	1882883,75 ^{**}
Terços x Volumes	10	269,67 ^{**}	72511,24 ^{**}
Resíduo (b)	166	74,75	10180,27
C.V. (%) da parcela		59,84	58,43
C.V. (%) da subparcela		61,74	57,56
ESTÁDIO FENOLÓGICO R5.5			
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Área coberta	Densidade de gotas
		Quadrado Médio	Quadrado Médio
Repetição	9	52,71 ^{ns}	15886,88 ^{**}
Volumes	5	724,23 ^{**}	124993,99 ^{**}
Resíduo (a)	45	47,84	5760,71
Terços	2	7773,81 ^{**}	1073782,09 ^{**}
Terços x Volumes	10	117,05 ^{**}	31911,87 ^{**}
Resíduo (b)	108	50,41	6368,64
C.V. (%) da parcela		46,89	43,33
C.V. (%) da subparcela		48,14	45,56

GL – graus de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. * F significativo a 1% de probabilidade. NS – não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Com base na Tabela 4, embora tenha sido observado aumento do número de gotas depositadas com aumento do volume de calda, isso não foi uma regra geral. No terço superior o incremento do número de gotas depositadas ocorreu até um volume de calda de 273,29 L ha⁻¹. A partir desse volume houve redução no número de gotas depositadas. Este fato pode ser explicado pela coalizão das gotas nos volumes de calda maiores, nos terços superior e médio das plantas de soja.

Observa-se ainda, na Tabela 4, nos estádios R1, R4 e R5.5 aumento dos níveis de cobertura dos papéis hidrossensíveis com aumento do volume de calda nos terços médio e inferior da planta de soja, entretanto no terço superior, este incremento foi observado até os volumes de 327,23, 290,58 e 284,35 L ha⁻¹, em R1, R4 e R5.5, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo excesso de calda que atingiu os papéis hidrossensíveis do terço superior quando pulverizado os maiores volumes de calda, 300 e 400 L ha⁻¹, o que levou a um erro do aparelho na leitura de tais papéis, portanto, não significa que houve menor cobertura no terço superior pelos maiores volumes de calda.

Tabela 4: Equações de regressão ajustadas para a densidade de gotas e porcentagem de área coberta em função do volume de calda, para os respectivos terços da planta de soja

DENSIDADE DE GOTAS (gotas cm ⁻²)			ÁREA COBERTA (%)		
Estádio R1			Estádio R1		
VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²	VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²
Terço superior	$\hat{y} = 36,9279 + 3,0081^* - 0,005542^*V^2$	0,831	Terço superior	$\hat{y} = 5,28829 + 0,240186^{**}V - 0,000367^{**}V^2$	0,956
Terço médio	$\hat{y} = 9,2549 + 0,857059^{**}V$	0,967	Terço médio	$\hat{y} = 3,27681 + 0,069992^{**}V$	0,955
Terço inferior	$\hat{y} = -9,4902 + 0,274118^{**}V$	0,892	Terço inferior	$\hat{y} = -1,34781 + 0,033538^{**}V$	0,862
Estádio R4			Estádio R4		
VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²	VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²
Terço superior	$\hat{y} = -698,844 + 152,088^0\sqrt{V} - 5,074^0V$	0,657	Terço superior	$\hat{y} = 3,62913 + 0,236534^{**}V - 0,000407^{**}V^2$	0,996
Terço médio	$\hat{y} = -330,02 + 69,7888^0\sqrt{V} - 2,3248^0V$	0,573	Terço médio	$\hat{y} = 4,6186 + 0,041681^{**}V$	0,808
Terço inferior	$\hat{y} = 16,56 + 0,1588^0V$	0,497	Terço inferior	$\hat{y} = 1,10788 + 0,014043^*V$	0,546
Estádio R5.5			Estádio R5.5		
VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²	VARIÁVEL	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ² /r ²
Terço superior	$\hat{y} = 63,5782 + 25,7811^0\sqrt{V} - 0,004769^0V$	0,577	Terço superior	$\hat{y} = 12,8556 + 0,139901^{**}V - 0,000246^{**}V^2$	0,587
Terço médio	$\hat{y} = -22,3655 + 1,4923^*V - 0,002389^0V^2$	0,809	Terço médio	$\hat{y} = 3,9019 + 0,035657^{**}V$	0,677
Terço inferior	$\hat{y} = -5,2451 + 0,317059^{**}V$	0,825	Terço inferior	$\hat{y} = -1,1684 + 0,034295^{**}V$	0,898

** significativo 1% de probabilidade pelo teste “t”; * significativo 5% de probabilidade pelo teste “t”; ⁰ significativo 10% de probabilidade pelo teste “t”.

Observou-se maior densidade de gotas depositadas no terço superior das plantas de soja, quando comparado aos terços médio e inferior, nos três estádios fenológicos avaliados e para todos os volumes de calda pulverizados. No estádio R1 não houve diferença entre os terços médio e inferior para os volumes 50 e 150 L ha⁻¹, entretanto, para os demais volumes de calda o terço inferior recebeu menor densidade de gotas. Por outro lado, nos estádios fenológicos R4 e R5.5 não houve diferença entre os terços médio e inferior para todos os volumes de calda, exceto para os volumes de 150 e 200 L ha⁻¹, em R4, onde o terço médio recebeu uma densidade de gotas muito superior ao terço inferior; e 100 e 300 L ha⁻¹, em R5.5, onde a densidade de gotas não diferiu entre os terços superior e médio (Tabela 5).

No que se refere à cobertura nos diferentes terços, houve maior cobertura dos papéis hidrossensíveis localizados no terço superior das plantas, quando comparado aos terços médio e inferior, nos três estádios fenológicos avaliados e para todos os volumes de calda pulverizados. Tal característica evidencia menor penetração da calda no interior do dossel, além disso, os trifólios presentes na parte superior das plantas estão mais expostos à pulverização, isto explica o incremento na cobertura da calda nesta parte da planta. Já para os terços médio e inferior, houve maior cobertura de calda no terço médio para todos os volumes de calda, exceto, para os volumes de 50 L ha⁻¹ nos estádios R1 e R4, para 200 L ha⁻¹ no estádio R1 e 100 L ha⁻¹ em R4. Porém, para o estádio fenológico R5.5 não houve diferença entre os terços médio e inferior para todos os volumes de calda, com exceção do volume de 150 L ha⁻¹ que proporcionou maior cobertura no papel hidrossensível do terço médio (Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios da densidade de gotas (gotas cm⁻²) e área coberta (%) conforme os diferentes volumes de calda (L ha⁻¹), para os terços superior, médio e inferior, em três estádios fenológicos distintos (R1 (análise conjunta dos dados), R4 e R5.5) de plantas de soja

DENSIDADE DE GOTAS (gotas cm ⁻²)				ÁREA COBERTA (%)			
Estádio R1				Estádio R1			
VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR
50	152A	53B	8B	50	16,8A	7,0B	1,3B
100	317A	119B	10C	100	26,7A	12,9B	1,5C
150	398A	114B	30B	150	31,9A	11,5B	2,2C
200	342A	161B	62C	200	35,9A	15,0B	7,6B
300	475A	290B	54C	300	48,1A	25,9B	6,4C
400	346A	348A	108B	400	41,2A	31,3B	13,3C
Estádio R4				Estádio R4			
VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR
50	135A	55AB	11B	50	11,0A	3,9AB	0,9B
100	227A	85B	51B	100	19,4A	8,4B	4,7B
150	510A	234B	15C	150	26,8A	14,8B	1,3C
200	469A	211B	79C	200	30,2A	15,0B	5,3C
300	303A	121B	58B	300	35,2A	14,4B	3,8C
400	361A	161B	76B	400	29,3A	21,4B	7,5C
Estádio R5.5				Estádio R5.5			
VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR	VOLUME	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR
50	202A	61B	8B	50	17,4A	3,7B	0,3B
100	176A	107A	10B	100	30,0A	4,8B	0,7B
150	426A	120B	39B	150	22,0A	13,4B	3,9C
200	432A	159B	80B	200	34,3A	14,9B	7,9B
300	331A	262A	113B	300	31,7A	11,8B	10,4B
400	358A	172B	99B	400	29,8A	17,7B	10,9B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 6 mostra o resumo da análise de variância para porcentagem de severidade da ferrugem asiática da soja após aplicação do fungicida com os diferentes volumes de calda. Houve interação tripla entre os fatores terços, anos e volumes de calda.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para porcentagem de severidade da ferrugem asiática da soja após a aplicação do fungicida com os diferentes volumes de calda de pulverização

SEVERIDADE (%)		
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio
Bloco	3	109,44 ^{ns}
Anos	1	21830,77 ^{**}
Volumes	6	4299,95 ^{**}
Anos x Volumes	6	308,28 ^{ns}
Resíduo (a)	18	130,25
Terços	2	14383,17 ^{**}
Terços x Anos	2	3719,75 ^{**}
Terços x Volumes	12	128,25 [*]
Terços x Anos x Volumes	12	217,28 ^{**}
Resíduo (b)	105	66,37
C.V. (%) da parcela		48,63
C.V. (%) da subparcela		34,72

GL – graus de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. * F significativo a 5% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Já a Tabela 7 mostra o resumo da análise de variância para produtividade da cultura da soja após aplicação do fungicida com os diferentes volumes de calda. Houve efeito simples para os fatores anos e volumes de calda.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para produtividade de plantas de soja após a aplicação do fungicida com os diferentes volumes de calda de pulverização

PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)		
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio
Bloco	3	181023,63 ^{ns}
Anos	1	12846281,95 ^{**}
Volumes	6	3774570,18 ^{**}
Anos x Volumes	6	124591,02 ^{ns}
Resíduo	39	78297,67
C.V. (%)		7,69

GL – graus de liberdade. ** F significativo a 1% de probabilidade. NS – Não significativo. C.V. (%) – coeficiente de variação.

Para a severidade da ferrugem, conforme a Tabela 8, verificou-se que a partir do volume de 50 L ha⁻¹ os resultados obtidos foram semelhantes, portanto o efeito da aplicação do fungicida com os diferentes volumes de calda sobre a ferrugem asiática foi equivalente nos três terços da planta de soja e nos três estádios fenológicos avaliados. Desta forma, o fungicida pode ser aplicado com o volume de 50 ou de 400 L ha⁻¹ que o controle da ferrugem será semelhante.

Ainda conforme a Tabela 8, houve aumento da produtividade da soja com a aplicação de fungicida com os diferentes volumes de calda de pulverização em relação ao tratamento sem controle. Entretanto, verificou-se que com o volume de 50 L ha⁻¹ os resultados obtidos foram semelhantes aos demais volumes aplicados, sendo assim não é necessário aumentar o volume de calda para a aplicação do fungicida visto que os resultados para produtividade não apresentarão incremento.

Tabela 8: Equações de regressão ajustadas para a severidade da ferrugem asiática e produtividade em função do volume de calda, para os respectivos anos e terços da planta de soja

SEVERIDADE (%)			
ANO	TERÇO	EQUAÇÕES AJUSTADAS	VOLUME
2017	Terço superior	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 47,725 - 0,844 V \\ \hat{y}_2 = 1,8755 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 54,30$ $54,30 \leq V \leq 400$
	Terço médio	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 61,2775 - 0,45505 V \\ \hat{y}_2 = 39,13 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 48,67$ $48,67 \leq V \leq 400$
	Terço inferior	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 67,6363 - 0,211 V \\ \hat{y}_2 = 63,4592 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 19,75$ $19,75 \leq V \leq 400$
ANO	TERÇO	EQUAÇÕES AJUSTADAS	VOLUME
2018	Terço superior	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 25,5825 - 0,4850 V \\ \hat{y}_2 = 0,00 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 52,74$ $52,74 \leq V \leq 400$
	Terço médio	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 47,7075 - 0,826 V \\ \hat{y}_2 = 7,05 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 49,22$ $49,22 \leq V \leq 400$
	Terço inferior	$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 53,4975 - 0,705 V \\ \hat{y}_2 = 13,081 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 57,29$ $57,29 \leq V \leq 400$
PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)			
ANO		EQUAÇÕES AJUSTADAS	VOLUME
Ano 2017		$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 2.506,00 + 37,020 V \\ \hat{y}_2 = 4.393,60 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 50,99$ $50,99 \leq V \leq 400$
Ano 2018		$\left\{ \begin{array}{l} \hat{y}_1 = 1.695,00 + 32,860 V \\ \hat{y}_2 = 3.418,80 \end{array} \right.$	$0 \leq V < 52,46$ $52,46 \leq V \leq 400$

Verificou-se, de acordo com a Tabela 9, menor severidade no terço superior das plantas de soja, quando comparado aos demais terços. Entretanto, houve diferença para a severidade da ferrugem asiática nos trifólios das plantas entre os terços médio e inferior apenas no primeiro ano agrícola.

Tabela 9: Valores médios da porcentagem de severidade da ferrugem asiática da soja para as respectivas combinações de ano, volume e terço

SEVERIDADE (%)			
ANO 2017			
TERÇO			
VOLUME (L ha⁻¹)	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR
Testemunha	47,7C	64,6B	78,5A
50	5,5C	31,9B	43,7A
100	2,1C	19,1B	40,6A
150	2,0B	38,5A	44,3A
200	1,7C	31,8B	62,6A
300	1,1C	31,4B	56,3A
400	2,4C	54,8B	71,5A
ANO 2018			
TERÇO			
VOLUME (L ha⁻¹)	SUPERIOR	MÉDIO	INFERIOR
Testemunha	25,6B	47,7A	53,5A
50	1,3B	6,4B	18,2A
100	0,0B	5,0B	17,3A
150	0,0B	9,7AB	11,8A
200	0,0B	7,3AB	13,0A
300	0,0A	6,1A	11,0A
400	0,0B	5,2AB	14,4A

Médias seguidas de mesma letra na linha, para cada ano, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Já a produtividade, Tabela 10, no segundo ano de condução do experimento foi menor em função das condições ambientais (Tabela 1) serem menos favoráveis ao desenvolvimento e produtividade da soja, influenciando negativamente essa característica.

Tabela 10: Valores médios de produtividade da cultura da soja para os respectivos anos

PRODUTIVIDADE (kg ha⁻¹)		
VOLUME (L ha⁻¹)	2017	2018
Testemunha	2.506	1.695
50	4.357	3.338
100	4.170	3.462
150	4.575	3.200
200	4.556	3.594
300	4.560	3.412
400	4.107	3.426
ANO – 2017	4.119A	
ANO – 2018	3.161B	

Médias seguidas de letra diferente diferem significativamente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4 DISCUSSÃO

Assim como aconteceu no presente trabalho, alguns estudos sobre cobertura da calda de pulverização demonstram também a distribuição irregular do produto fitossanitário nos terços da planta, com maior cobertura no terço superior das plantas. Segundo Cunha et al., 2011, a área coberta pela calda pulverizada no terço superior é três vezes maior que a área coberta do terço inferior. De acordo com Nascimento et al., 2013 e Cunha et al., 2014 a cobertura no terço inferior, de modo geral, não é maior que 10 %, no entanto, para Cunha et al., 2011 a cobertura da calda nos terços médio e inferior do dossel, de diferentes cultivares, não ultrapassa 20 %.

Os valores de cobertura de calda de pulverização na parte média e inferior da planta podem ser explicados em função da arquitetura e índice de área foliar que provocam alterações na cobertura da superfície foliar e na penetração de gotas do produto fitossanitário ao longo do dossel da cultura. Desta forma, quanto maior o índice de área foliar e o número de ramificações laterais das plantas, mais rapidamente será o fechamento das entrelinhas na área de plantio, acarretando dificuldade na cobertura foliar pela calda no terço inferior das plantas (DEBORTOLI et al., 2012 e TORMEN, et al., 2012). Plantas de soja com características mais eretas e com trifólios lanceolados permitem maior penetração de gotas na parte interna do dossel, por outro lado, plantas com folhas palmadas impedem a penetração das gotas e a calda não atinge o alvo biológico de maneira satisfatória (MADALOSSO et al., 2010).

As concentrações de fungicida na calda de pulverização estão relacionadas à absorção de tais fungicidas pela cultura e, conseqüentemente, com a eficácia de controle das doenças. Portanto, a absorção aumenta conforme aumenta também o nível de cobertura na superfície foliar, a concentração do ingrediente ativo e adjuvante na calda aplicada (FORSTER; ZABKIEWICZ; LIU, 2006),

De acordo com Debortoli et al., 2012 e Tormen, et al., 2012, à medida que a cultura cresce, atingir as camadas inferiores do dossel se torna cada vez mais difícil. Além disso, conforme Boschini et al. (2008) e Cunha et al. (2011), a baixa eficiência no controle da ferrugem é principalmente ocasionada pela distribuição irregular do ingrediente ativo no dossel inferior e internamente na planta. Desta forma, a associação de volumes de calda reduzidos e aplicação em estágio fenológico anterior ao fechamento da cultura, em estágio V6, é uma boa opção a ser utilizada, já que as plantas estarão com índice de área foliar mais reduzido. Para Madalosso et al. (2010), o controle mais eficiente da ferrugem da soja pode ser

obtido a partir de aplicações de fungicida antes do fechamento da cultura ou quando o espaçamento for de 0,60 m entre fileiras de plantas; visto que o depósito no dossel é inversamente proporcional ao índice de área foliar (ZHU et al., 2004).

A cobertura de calda nos trifólios de soja nos três terços da planta, promovidos por todos os volumes de calda, resultaram em eficiente controle da ferrugem asiática, como pode ser observado na porcentagem de severidade. Ficou constatado que os volumes de 50 e 100 L ha⁻¹ se mostraram eficientes para serem utilizados no controle da ferrugem. Isto mostra que é possível aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores aplicando volumes de calda reduzidos. Além disso, espera-se que o aumento do volume de calda promova incremento da quantidade de calda retida até determinado limite, sendo que a partir do qual a superfície não consegue mais reter a calda, e como consequência ocorre escorrimento superficial e perda de produto (CUNHA et al., 2008).

De acordo com Cunha e Peres (2010) e Cunha et al. (2014) volumes de calda reduzidos, próximos a 130 L ha⁻¹, são eficientes no controle da ferrugem asiática, e volumes superiores a 200 L ha⁻¹ não proporcionam incrementos no controle de doenças e não refletem sobre a produtividade, além de impactar negativamente em aspectos operacionais da aplicação.

É importante ressaltar que os resultados obtidos com os menores volumes de calda são decorrentes de aplicação em condições climáticas favoráveis à pulverização, ou seja, a umidade relativa média estava acima de 50%, temperatura média menor que 30 °C e velocidade do vento inferior a 10 km h⁻¹, conforme Fritz et al. (2010). Além disso, o fungicida utilizado tem ação sistêmica, ou é classificado como penetrante, o qual ao ser depositado na superfície vegetal transloca para o interior dos tecidos. A maioria dos fungicidas penetrantes tem ação loco-sistêmica, sendo transportados a pequenas distâncias dentro da folha (CUNHA et al., 2014). Um fungicida sistêmico pode ser capaz de manter alta eficácia através da pulverização de volume baixo ou médio (RATAJKIEWICZ et al., 2009; WISE et al., 2010). Entretanto, cada vez mais os fungicidas protetores têm sido utilizados para controle da ferrugem na cultura da soja. Porém, estes fungicidas exigem maior cobertura do alvo quando comparados aos fungicidas sistêmicos, logo, poderia ser necessário maior volume de calda, ou associação entre volumes de calda, tamanho da gota e estádios fenológico, conforme mencionado anteriormente.

Os valores de cobertura, densidade de gotas proporcionado por todos os volumes de calda avaliados foram suficientes para que o fungicida promovesse eficiente controle da ferrugem asiática. Isso é uma indicação clara de que o menor volume de calda (50 L ha⁻¹)

pode ser utilizado. Perdas de produtividade são ocasionadas por um conjunto de fatores como desfolha precoce, redução de área foliar e redução do acúmulo de massa seca, decorrentes da presença da ferrugem asiática sobre a superfície foliar (KUMUDINI et al., 2008). Portanto, a aplicação de fungicida reduz os danos ocasionados pelo patógeno, acarretando maior área foliar sadia, menor desfolha durante o enchimento de grãos, o que influencia diretamente os componentes de produção (GODOY et al., 2016). Como ocorreu no presente trabalho, Cunha et al. (2006) e Cunha et al. (2014) também não observaram diferença entre os volumes de aplicação de 115 e 250 L ha⁻¹ no controle da ferrugem e produtividade da cultura da soja.

Por fim, a utilização de baixos volumes de calda deve respeitar as limitações impostas pelas condições climáticas e alvo biológico a ser atingido. Entretanto, a redução de volume de calda influencia a capacidade operacional da operação, pois, quanto menor o volume de aplicação utilizado, menor será o número de paradas para reabastecimento do pulverizador e maior a área tratada por unidade de tempo pelo mesmo equipamento.

5 CONCLUSÕES

Embora exista uma relação diretamente proporcional entre o aumento do volume de calda e os de cobertura da calda pulverizada e densidade de gotas nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja, a redução do volume de calda não afetou negativamente o controle da ferrugem asiática, assim como a produtividade de grãos de plantas de soja, por isso conclui-se que é possível a redução do volume de calda para até 50 L ha⁻¹.

6 REFERÊNCIAS

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, 2011. p. 221-229.

BALAN, M. G.; ABI-SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. D.; RIO, A. D. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A.; MACIEL, C. D. de G.; OLIVEIRA, G. M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico-científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.11, n.1, p.126-138, 2012.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171- 175, 2008.

CHECHI, A.; FORCELINI, C.A.; BOLLER, W. Volumes de calda e doses de fungicidas no controle da ferrugem-asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.45, n.3, p.255-260, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.4, n.9, nov. 2019.

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**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R. da; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. dos. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 950-957, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; SILVA JÚNIOR, J. L.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

DEBORTOLI, M. P.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; FAVERA, D. D.; STEFANELLO, M. T.; PINTO, F. F.; UEBEL, J. D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p. 920-927, 2012.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FORSTER, W. A.; ZABKIEWICZ, J. A.; LIU, Z. Cuticular uptake of xenobiotics into living plants. Part 2: influence of the xenobiotic dose on the uptake of bentazone, epoxiconazole and pyraclostrobin, applied in the presence of various surfactants, into *Chenopodium album*, *Sinapis alba* and *Triticum aestivum* leaves. **Pesticide Management Science**, Bognor Regis, v. 62, n. 7, p. 664-672, 2006.

FRITZ, B.; HOFFMANN, W.; BAGLEY, W. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 26, n. 1, p. 21-29, 2010.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 497-504, 2010.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D.; SOARES, R. M.; GUIMARÃES, F. C. M.; MEYER, M. C.; CONSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; MOREIRA, E. N.; BORGES, E. P.; ANDRADE JÚNIOR, E. R.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; ARAÚJO JÚNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; BELUFI, L. M. R.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLF, M. R.; GOUSSAIN, M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. F.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J. VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

HARTMAN, G.L.; SIKORA, E.J.; RUPE, J.C. Rust. In: HARTMAN, G.L.; RUPE, J.C.; SIKORA, E.J.; DOMIER, L.L.; DAVIS, J.A.; STEFFEY, K.L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

KUMUDINI, S.; GODOY, C. V.; BOARD, J. E.; OMIELAN, J.; TOLLENAARD, M. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2334-2341, 2008.

MADALOSSO, M. G.; DOMINGUES, L. da S.; DEBORTOLI, M. P.; LENZI, G.; BALARDIN, R. S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2256-2261, 2010.

NASCIMENTO, J. M. do; GAVASSONI, W. L.; SOUZA, C. M. A. de; 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, v. 34, n. 5, p. 2037-2048, 2013.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

PASCUZZI, S.; CERRUTO, E.; MANETTO, G. Foliar spray deposition in a “tendone” vineyard as affected by airflow rate, volume rate and vegetative development. **Crop Protection**, v. 91, p. 34-48, 2017.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

RATAJKIEWICZ, H.; KIERZEK, R.; KAROLEWSKI, Z.; WACHOWIAK, M. The effect of adjuvants, spray volume and nozzle type on azoxystrobin efficacy against *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* on winter oilseed rape. **Journal of Plant Protection Research**, v. 49, n. 4, p. 440-445, 2009.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Coop. Ext. Serv., 1982, 20 p. (Special Report, 53).

TEIXEIRA, E. S.; OSIPE, J. P.; GANDOLFO, U. D.; OLIVEIRA, J. F.; GANDOLFO, M. A.; OSIPE, R. Uso de baixo volume oleoso e assistência de ar no controle de plantas daninhas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, supl. 1, p. 1229-1234, 2010.

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

WISE, J. C.; JENKINS, P. E.; SCHILDER, M. C.; VANDERVOORT, C.; ISAACS, R. Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, Oxford, v. 29, n. 4, 378-385, 2010.

VALE, F. X. R.; FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. **Programa Quant-versão 1.0.1.-Quantificação de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2002.

VAN ZYL, J. G.; SIEVERDING, E. G.; VILJOEN, D. J.; FOURIE, P. H. Evaluation of two organosilicone adjuvants at reduced foliar spray volumes in South African citrus orchards of different canopy densities. **Crop Protection**, Stellenbosch, v. 64, p. 198-206, 2014.

YORINORI, J.T.; CHARCHAR, M.J.D.A.; NASSER, L.C.B.; HENNING, A.A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I de M. (ed.), **Cultura da Soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. p. 362-373.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., COSTAMILAN, L. M., BERTAGNOLLI, P. F., HARTMAN, G. L., GODOY, C. V., NUNES JUNIOR, J. Epidemics of Soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

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**, London, v. 87, n.3, p. 275-283, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferrugem asiática da soja é uma doença muito agressiva e responsável por reduções significativas de produtividade. Essa doença inicia-se no terço inferior da planta e espalha-se rapidamente por toda a planta, requerendo de três a quatro aplicações de fungicidas para que não haja redução na produtividade. Os fungicidas existentes, embora alguns deles sejam classificados como sistêmicos, têm pouca movimentação na planta, o que exige boa cobertura foliar e distribuição uniforme da calda pulverizada para que haja controle eficaz da doença.

Sendo assim, todas as pontas avaliadas (TT-11001, TTJ60-11002, TXA 8003, 30HCX 12, GRD120-02 e GAT11002) proporcionaram número de gotas (densidade), nos três terços da planta de soja compatível com a recomendação da literatura para aplicação de fungicidas sistêmicos. Essas pontas de pulverização proporcionaram cobertura foliar e deposição de calda suficientes para promover controle satisfatório da ferrugem asiática, sem perda significativa de produtividade da cultura da soja.

No que se refere ao volume de calda, embora tenha sido constatada relação direta entre o aumento do volume e cobertura da pulverização e densidade de gotas nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja, verificou-se que o menor volume de calda utilizado (50 L ha^{-1}) pode ser usado para o controle da ferrugem asiática para aplicação da mistura comercial de trifloxistrobina + proclorazoxol.

Por fim, ficou evidente no presente trabalho que os terços superior e inferior tiveram, respectivamente, maior e menor cobertura, independentemente das pontas de pulverização e volumes de calda e, também, dos estádios de aplicação do fungicida. Além disso, sabe-se que os fungicidas têm pouca mobilidade nas plantas e que essa translocação ocorre via xilema, portanto das partes inferiores para as partes superiores das plantas, seguindo o fluxo da transpiração. Desta forma, durante a aplicação de fungicida as partes mais baixas da planta devem ser atingidas pela calda de pulverização, uma vez que as gotas que atingem as folhas da parte superior do dossel não serão responsáveis pelo controle de doenças no terço inferior. Diante de tais constatações, talvez a melhor estratégia a ser utilizada nas pulverizações da cultura da soja, seja iniciar as aplicações de fungicidas para controle da ferrugem asiática um pouco mais cedo antes do completo fechamento do dossel da cultura.