

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**"CANOPY OPENER" E ASSISTÊNCIA DE AR NO CONTROLE DA  
FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

**EVANDRO PEREIRA PRADO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP

Maior - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**"CANOPY OPENER" E ASSISTÊNCIA DE AR NO CONTROLE DA  
FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

**EVANDRO PEREIRA PRADO**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP

Maio - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P896c Prado, Evandro Pereira, 1981-  
"Canopy Opener" e assistência de ar no controle da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja / Evandro Pereira Prado. - Botucatu : [s.n.], 2012  
viii, 98 f. : il., gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012

Orientador: Carlos Gilberto Raetano  
Inclui bibliografia

1. Ferrugem asiática. 2. Pragas - Controle.  
3. Pulverização. 4. Soja - Doenças e pragas. 5. Soja - Produtividade. I. Raetano, Carlos Gilberto.  
II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CANOPY OPENER" E ASSISTÊNCIA DE AP NO CONTROLE DA  
FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA  
SOJA


ALUNO: EVANDRO PEREIRA PRADO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

Aprovado Pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. VILSON LUIS KUNZ

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNASSI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

Data da Realização: 29 de maio de 2012.

## **OFEREÇO**

Aos meus queridos, admirados e amados pais,

**Cícero da Silva Prado e**

**Zilda Pereira Prado**

por todos os ensinamentos, educação, carinho, amizade, dedicação e principalmente o grande incentivo aos estudos.

A minha irmã,

**Lisiane Pereira Prado**

pela infinita amizade que existe entre nós. Te amo e te admiro.

## **DEDICO**

À minha querida e amada noiva **Edwa Maria Bucovic** pelo amor, amizade, compreensão, carinho e incentivo durante toda essa importante trajetória.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida por que, com certeza, há alguém superior que nos dá forças quando precisamos;

Ao meu orientador e grande amigo Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano pela confiança concedida a minha pessoa e de inúmeros ensinamentos dados tanto na parte acadêmica como de vida;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) da UNESP-FCA/Botucatu pelos ensinamentos transmitidos durante esses cinco anos;

Aos ex-companheiros de república (Gregório, Fabrício, Paulo Augusto, Rodolfo, Emerson, Alexandre, Renato e Fernando) e a todos os ex-moradores que foram como a minha família;

Aos meus grandes amigos, Mário Henrique F. A. Dal Pogetto, Rafael de Souza Christovam, Marcelo Júnior Gimenes, Saulo I. A. Costa, Denise T. Rezende, Hélio Oliveira Aguiar-Júnior e Demétrius de Araujo pelos bons momentos e convívio em Botucatu durante todos esses anos;

À família Firenze em especial Maria Firenze que me acolheram em um dos momentos mais difíceis da minha vida;

Aos amigos Mário Henrique F. A. Dal Pogetto, Rafael de Souza Christovam, Marcelo Júnior Gimenes, Saulo I. C. Lima, Denise T. Rezende, Bruno Canela Vieira, Gustavo MASTRIA, Rodolfo P. Guitarrari, Caroline Gozetto e Guilherme Ishizuka pela ajuda na condução dos experimentos e principalmente pela amizade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pela bolsa de estudos concedida durante a realização do curso de doutorado;

A todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão FEPE da FCA/UNESP, pela ajuda nos experimentos e pelos ensinamentos práticos que foram de suma importância na realização desse trabalho;

À Seção de Pós-Graduação do Campus da FCA, pela presteza quando solicitada em especial Tainan R. M da Silva;

Ao engenheiro agrônomo Msc. Alisson A. B. Mota e Rubens R. Souza pela configuração dos desenhos do dispositivo *Canopy opener*; e

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal - Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP, pela colaboração e amizade.

## SUMÁRIO

	<b>página</b>
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Ferrugem asiática da soja (FAS).....	7
4.2 Controle fitossanitário da FAS.....	8
4.3 Assistência de ar em barras de pulverização.....	12
4.4 Dispositivo <i>Canopy opener</i> na deposição da pulverização nas folhas da parte inferior das plantas de soja.....	15
4.5 Adjuvantes em pulverização.....	16
4.6 Volume de aplicação em pulverizações terrestre.....	18
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 Construção do dispositivo <i>Canopy opener</i> .....	21
5.2 Condução das plantas de soja em jardineira.....	26
5.3 <b>Experimento 1:</b> Viabilidade do dispositivo <i>Canopy opener</i> na deposição da pulverização nas folhas de soja em ambiente controlado.....	27
5.3.1 Quantificação do depósito da pulverização.....	29
5.3.2 Efeito do dispositivo <i>Canopy opener</i> na queda de flores de soja.....	30
5.3.3 Análise estatística.....	31
5.4 <b>Experimento 2:</b> Comparação de tecnologias de pulverização terrestre sobre os depósitos, severidade da FAS e produtividade da soja.....	31
5.4.1 Condução da cultura a campo e caracterização edafoclimática.....	31
5.4.2 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental	34
5.4.3 Partes das plantas avaliadas.....	36
5.4.4 Avaliação do controle da FAS.....	36
5.4.5 Avaliação da produtividade.....	38
5.4.6 Análise estatística.....	38
5.5 <b>Experimento 3:</b> Efeito do volume de aplicação e assistência de ar junto à barra	



na deposição da pulverização e controle da FAS.....	39
5.5.1 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental	39
5.5.2 Avaliação do controle da FAS.....	40
5.5.3 Análise estatística.....	41
5.6 <b>Experimento 4:</b> Efeito do volume de aplicação e surfatante siliconado na deposição e controle da FAS.....	41
5.6.1 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental	41
5.6.2 Avaliação do controle da FAS.....	43
5.6.3 Análise estatística.....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
6.1 <b>Experimento 1:</b> Viabilidade do dispositivo <i>Canopy opener</i> na deposição da pulverização nas folhas de soja em ambiente controlado.....	44
6.2 <b>Experimento 2:</b> Comparação de tecnologias de pulverização terrestre sobre os depósitos, severidade da FAS e produtividade em soja.....	47
6.4 <b>Experimento 3:</b> Efeito do volume de aplicação e assistência de ar junto à barra de pulverização na deposição e controle da ferrugem asiática em soja.....	56
6.4 <b>Experimento 4:</b> Efeito do volume de aplicação e surfatante siliconado na deposição e controle da ferrugem asiática.....	67
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
8 CONCLUSÕES.....	83
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
10 APÊNDICE.....	97

## 1 RESUMO

Com a finalidade de comparar diferentes tecnologias de aplicação em pulverizações terrestre no controle da ferrugem asiática da soja (FAS), o trabalho objetivou construir um dispositivo abridor do dossel da soja e comparar diferentes tecnologias de aplicação de fungicida sobre os depósitos, controle da FAS e produtividade da soja. A confecção do dispositivo *Canopy opener* (CO) foi baseada no protótipo desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). Em laboratório verificou-se a eficiência da pulverização com CO e a pulverização convencional (Experimento 1). Os ensaios de campo foram conduzidos na área experimental da FCA/UNESP - Campus de Botucatu nos anos agrícola 2009/10 (cultivar FTS Campo Mourão RR) e repetidos no ano agrícola 2010/11 (cultivar BRS Valiosa RR). No campo foram comparadas as pulverizações realizadas com auxílio da assistência de ar (AA) junto à barra de pulverização, pulverização feita com CO e a pulverização associada com AA e o dispositivo CO (Experimento 2). Estudou-se o efeito dos volumes de aplicação de 110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup> com e sem o uso da AA (Experimento 4) e os volumes de 60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup> na presença e ausência do surfatante siliconado (Experimento 4). Em todos os ensaios foram mensurados os depósitos da pulverização em diferentes partes da planta. Para os ensaios a campo, além da deposição, foram avaliadas a severidade da FAS, mensurado o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade. O dispositivo CO construído, além de apresentar viabilidade para realização dos estudos, proporcionou maiores valores de depósitos nas folhas da parte inferior, e menores nas folhas da parte superior das plantas de soja comparada com a pulverização realizada de modo convencional em laboratório. CO

apresentou resultados equivalentes à pulverização realizada com auxílio da AA junto à barra de pulverização sobre a deposição, controle da ferrugem asiática representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), peso de mil grãos (PMG) e produtividade. O aumento do volume de 110 L ha<sup>-1</sup> para 210 L ha<sup>-1</sup> não proporcionou aumento dos depósitos da pulverização nas folhas das partes mediana e inferior das plantas de soja para ambas tecnologias. O uso do surfatante siliconado não resultou em melhorias nos depósitos da pulverização no dossel da cultura da soja, porém as pulverizações de fungicidas com o surfatante apresentou os menores valores de AACPD. Menores valores de AACPD, maiores valores de PMG e maiores valores de produtividade foram encontrados nos tratamentos que receberam pulverizações no volume de 160 L ha<sup>-1</sup> comparados com os volumes de 60 e 110 L ha<sup>-1</sup>.

---

**Palavras-chave:** Deposição, controle químico, *Phakopsora pachyrhizi*, volume de calda, tecnologia de aplicação.

**“CANOPY OPENER” AND AIR ASSISTANCE EFFECTS ON SOYBEAN ASIAN RUST CONTROL AND YIELD OF SOYBEAN CROP.** Botucatu, 2012. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author: EVANDRO PEREIRA PRADO**

**Adviser: CARLOS GILBERTO RAETANO**

## **2 SUMMARY**

With purpose to compare different ground spray technology of application on Asian soybean rust (ASR) control, this research aimed to build an equipment that facility the spray penetration into soybean canopy and compare different fungicide application technologies on spray deposition, ASR control, and soybean yield. The equipment called canopy opener (CO) was built based in a prototype developed by United States Department of Agriculture researchers. In laboratory was checked the spraying efficiency with CO and compared to conventional spraying (Experiment 1). The field trials were carried out at experimental farm located in Sao Paulo State University (UNESP), Botucatu Campus - Brazil in 2009/10 agricultural season (FTS Campo Mourão RR variety) and replicated in 2010/11 agricultural season (BRS Valiosa RR variety). In field trials were compared spraying using sleeve boom sprayer with air-assistance (AA), spraying using CO on spray boom and spraying with association between CO and AA (Experiment 2). The effects of different spray rates (110, 200 and 160 L ha<sup>-1</sup>) with and without AA (Experiment 4) and spray rates of 60, 110 and 160 L ha<sup>-1</sup> with and without silicone surfactant (Experiment 4) were studied. In all of trials were measured the spray deposits on different canopy portion. In addition to the spray deposition were assessed the ASR severity, thousand seed weight (TSW) and the productivity in yield trials. The CO device showed to be viable for this research, as well as provided greater deposits values on canopy leaves of the bottom part of the plants and lower deposit levels on top canopy leaves when compared with conventional spraying in laboratory. The CO showed equivalent results to the air-assisted spraying on spray deposition, soybean rust control represented by the area under disease progress curve (AUDPC), TSW and soybean

productivity. The increase of spray rates from 110 to 210 L ha<sup>-1</sup> did not improve the deposits on middle and bottom parts of the soybean plants for both technologies. The silicone surfactant did not improve the spray deposits into soybean canopy. However the fungicides spraying with surfactant showed the lowest value of AUDPC. The lowest AUDPC value, biggest TSW and productivity were found in the treatments sprayed with 160 L ha<sup>-1</sup> when compared with spray rates of 60 and 110 L ha<sup>-1</sup>.

---

**Keywords:** Deposition, chemical control, *Phakopsora pachyrhizi*, application volume, application technology.

### 3 INTRODUÇÃO

Atualmente o fungo causador da ferrugem Asiática da soja (FAS) *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow é uma das mais importantes ameaça econômica aos agricultores na América do Sul. No ano agrícola 2000/01 *P. pachyrhizi* foi detectada no Brasil pela primeira vez causando perdas estimadas em 2 bilhões de dólares (YORINORI et al., 2005). Embora hajam pesquisadores investigando a resistência genética contra *P. pachyrhizi* (CALVO et al., 2008; WALKER et al., 2011) ainda não estão disponíveis cultivares resistentes a todas as raças desse fungo (GOELLNER et al., 2010) sendo o controle através de pulverizações com fungicidas ainda a alternativa mais viável na redução das perdas de produtividade (LEVY, 2005). As perdas de produtividade causada pela FAS têm variado entre 10 e 75%, principalmente em áreas onde o controle não é executado ou é feito de forma tardia (NAVARINI et al., 2007). Prado et al. (2010a) observaram redução de produtividade de 41% em função do ataque dessa doença nos tratamentos onde não receberam controle da FAS comparado com o melhor tratamento fungicida.

Para que haja controle eficiente da FAS e redução dos custos devem-se aprimorar as técnicas e os equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários, os quais, por sua vez, melhoram a distribuição da pulverização nas plantas e a colocação do produto no alvo desejado, mais especificamente nas folhas localizadas na parte inferior da planta, onde a doença inicia sua infestação (PRADO et al., 2010a; RAETANO et al., 2011).

Para a definição das estratégias de controle da ferrugem, quanto à tecnologia de aplicação, deve-se conhecer como os fungicidas sistêmicos se translocam nas plantas após a aplicação e absorção. No mercado atual, a maioria dos fungicidas para ferrugem

asiática apresenta movimentação acropetal, com mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra (ANTUNIASSI, 2005). Dessa forma torna-se necessário a colocação do ingrediente ativo de fungicidas, mesmo com efeito sistêmico, nas folhas da parte inferior da planta.

Embora nos dias atuais os produtores já estejam mais preparados para realização de um efetivo controle da FAS, ainda existem dúvidas quanto ao uso das técnicas de aplicação de fungicidas. A grande dificuldade de controlar esse fungo é devido a sua colonização iniciar nas folhas da parte inferior das plantas de soja tornando-se alvos difíceis de serem atingidos pelas gotas da pulverização, principalmente em cultivares com grande índice de área foliar. O uso da assistência de ar (AA) junto à barra de pulverização é uma alternativa eficaz para o aumento dos depósitos da pulverização nas folhas da parte inferior das plantas de soja, embora essa tecnologia não seja tão viável economicamente aos pequenos produtores.

Frente ao grande potencial na redução da produção pela FAS e as dificuldades de controle através de pulverizações com fungicidas, ocasionando prejuízos significativos aos produtores de soja no Brasil e no mundo, o presente estudo teve como objetivos:

a) desenvolver um dispositivo (*Canopy opener*) com o propósito de melhorar a penetração das gotas de pulverização nas folhas da parte inferior da soja pela abertura do dossel das plantas baseados nos trabalhos realizados por Zhu et al., 2008a,b e avaliar a viabilidade do artefato em laboratório (Experimento 1);

b) avaliar a efetividade de *canopy opener* comparando-o com pulverizações realizadas com AA junto à barra de pulverização na deposição e eficiência de controle da FAS. (Experimento 2);

c) avaliar diferentes volumes de aplicação de fungicidas em pulverizações convencionais e associadas com AA junto à barra de pulverização na deposição e controle da FAS (Experimento 3) e

d) avaliar diferentes volumes de aplicação de fungicidas associados com o surfatante siliconado na deposição e controle da FAS (Experimento 4).

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Ferrugem Asiática da soja (FAS)

A FAS (*P. pachyrhizi*) foi identificada no Brasil pela primeira vez no final da safra 2000/01. Na safra 2001/02, encontrava-se disseminada nas principais regiões produtoras, causando perdas na ordem de 112.000 toneladas ou US\$ 24,70 milhões (YORINORI et al., 2002). Na safra 2003/04, causou enormes perdas à sojicultura nacional, gerando uma redução de 4,6 milhões de toneladas, o que correspondem ao valor de US\$ 1,22 bilhão de dólares em prejuízos (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004).

Os primeiros sintomas da doença se iniciam nas folhas da parte inferior e se multiplicam até atingir o topo da planta (OZKAN, 2005; RAETANO, 2007; ZHU et al., 2008b). Esta ocorrência está relacionada às condições climáticas favoráveis (temperaturas médias menores que 28°C e molhamento foliar de mais de 10 horas). O período crítico da doença tem se mostrado na fase reprodutiva da cultura, a partir do florescimento, porém pode ocorrer já nos primeiros estádios de desenvolvimento (FURLAN, 2005).

O sucesso da infecção do patógeno depende da sequência de eventos determinada pela germinação de esporos, formação de apressório e penetração. Entre os fatores abióticos, a temperatura e o molhamento foliar exercem papel fundamental, principalmente nos processos monocíclicos de germinação e de infecção de *P. pachyrhizi* em soja (GOELLNER et al. (2010). Segundo Alves et al. (2004) a temperatura ótima para



infecção pelo fungo *P. pachyrhizi* na cultivar Suprema é de 21,7 °C sob período de molhamento foliar de 24 horas.

Alves et al. (2007), avaliando a intensidade da ferrugem asiática nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar, observaram maior intensidade da doença nessas cultivares, sob períodos de molhamento foliar acima de 12 horas e temperaturas próximas a 20 °C. Temperaturas acima de 28 °C e abaixo de 15 °C, bem como períodos de molhamento foliar abaixo de 6 horas resultaram em menor área abaixo da curva de progresso da incidência e da severidade.

#### **4.2 Controle fitossanitário da FAS**

O controle químico da FAS é uma das principais preocupações dos produtores de soja em grande parte das regiões produtoras do Brasil, como forma de garantia da produtividade. O controle químico com fungicidas é o principal e o método mais usado contra essa doença (LEVY, 2005).

De acordo com Juliatti et al. (2005), o manejo correto da doença passa pelas estratégias de redução da dispersão de inóculo (vazio sanitário e parcelas armadilhas - sentinelas), uso da resistência parcial, fungicidas de maior eficácia e tecnologia de aplicação adequada aos sistemas de produção, caso contrário o atual sistema de produção será insustentável.

Segundo Azevedo (2007), a proteção de culturas com produtos químicos proporciona a colocação de uma barreira química que visa a impedir ou dificultar o contato entre o hospedeiro e o patógeno, no caso dele já estar estabelecido. A eficácia para o controle de doenças está ligada a vários fatores e depende do fungicida utilizado, do intervalo de aplicação, do número de aplicações, do momento de aplicação, das misturas utilizadas e da qualidade e tecnologia de aplicação.

Embora os fungicidas atualmente utilizados sejam eficientes, o controle da doença, muitas vezes, não tem sido satisfatório, e uma das razões se deve ao fato de o produto ser aplicado de forma inadequada (SANTOS et al., 2007).

A aplicação de produtos fitossanitários é uma atividade complexa e somente apresenta bons resultados quando segue os princípios técnicos corretos e adequados (BOLLER, 2007).

Existe uma falsa suposição de que a tecnologia de aplicação dos fungicidas sistêmicos não é importante quando comparado aos fungicidas protetores, pois os fungicidas sistêmicos penetram e translocam na folha não necessitando de uma boa cobertura e de menos quantidade de depósitos. Esse fato, por si só, reforça o valor da tecnologia de aplicação: que ela seja capaz de fazer com que esses produtos tenham penetração nas plantas pelo uso de gotas pequenas (AZEVEDO, 2007).

Antuniassi (2005) cita que uma característica importante para a definição das estratégias de controle da ferrugem quanto à tecnologia de aplicação é a maneira como os fungicidas sistêmicos movimentam nas plantas, após a aplicação e absorção. No mercado atual, a maioria dos fungicidas para controle da ferrugem apresenta movimentação acropetal, com a mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra.

Pontas de pulverização que produzem gotas finas são muito utilizadas para aplicação de fungicidas na cultura da soja. No entanto, em razão de seu espectro de gotas propiciarem maiores chances de deriva, tem-se dado ênfase à utilização de pontas que produzem gotas de maiores diâmetro médiano volumétrico (DMV), como àquelas de jato plano com pré-orifício e de jato plano com indução de ar. Essas, no entanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em virtude de produzirem gotas de maior tamanho, levando em muitos casos a um controle ineficiente da doença em questão. No geral, gotas pequenas são facilmente transportadas pelo vento, em contrapartida propiciam maior cobertura do alvo, condição desejada quando da utilização de produtos fitossanitários protetores (CUNHA et al., 2006).

Cunha et al. (2006), estudando o comportamento de diferentes pontas de pulverização de jato plano (plano padrão, plano de pré-orifício, plano duplo de indução de ar e plano de indução de ar), observaram que a ponta de jato plano padrão promoveu maior cobertura das folhas na parte inferior das plantas de soja. Essa maior deposição decorreu provavelmente pelas gotas formadas por essa ponta serem menores em comparação com as gotas formadas pelas demais pontas selecionadas para estudo.

Cunha et al. (2008), avaliando a deposição e o controle químico da FAS em função do uso de diferentes tipos de pontas de pulverização e volumes de aplicação, observaram que a ponta de jato cônico vazio JA-2 proporcionou maior deposição das gotas,

enquanto que a ponta de jato cônico com indução de ar TVI 80-015 proporcionou a menor deposição. A ponta de jato cônico vazio gera gotas de menor tamanho as quais penetram no dossel da cultura, aumentando a deposição sobre o alvo. Entretanto, maiores riscos de perdas por deriva podem ocorrer em aplicações com esse tipo de ponta e padrão de gotas. Na parte inferior do dossel das plantas de soja, as pontas de jato plano TTJ60, DGTJ60 e TVI apresentaram-se iguais quanto à densidade de gotas depositadas, e inferiores à ponta de jato cônico vazio JA-2. Em relação ao volume de calda na aplicação não foram observadas diferenças na densidade das gotas depositadas, tanto na parte superior quanto na inferior da cultura.

O efeito protetor, curativo e erradicante de fungicidas sistêmicos (azoxistrobina + nimbus, carbendazin, tebuconazole, difenoconazole e epoxiconazole associado com piraclostrobina) no controle da ferrugem asiática da soja em casa de vegetação foi estudado por Godoy e Canteri (2004). Todos os fungicidas apresentaram efeito protetor, aos quatro dias após o tratamento, porém as plantas tratadas com triazóis (tebuconazole e difeconazole) e com a mistura de triazol e estrobilurina (epoxiconazole associado com piraclostrobina) não manifestaram sintomas. O fungicida que mostrou menor residual foi o carbendazin, apresentando 75, 25 e 21% de controle, em relação à testemunha, aos quatro, oito e 14 dias após o tratamento com fungicida, respectivamente. Todos os fungicidas reduziram a infecção quando aplicados na ausência de sintomas, durante o período de incubação. No entanto, nenhum impediu o desenvolvimento da doença, atuando de forma erradicante, quando aplicados dois dias após a inoculação.

Soares et al. (2004), avaliando o efeito de fungicidas no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja, constataram que o tratamento com carbendazin, em relação à severidade, não diferenciou da testemunha, mostrando que esse fungicida tem pouco efeito sobre o patógeno, embora tenha proporcionado 14,5% menos perda na produtividade quando comparado ao tratamento que não recebeu nenhum controle. Godoy e Canteri (2004) também mostraram uma baixa eficiência de controle tanto na aplicação de forma curativa quanto preventivamente para o fungicida carbendazin. Os tratamentos com os fungicidas fluquinconazole, trifloxistrobina associado com propiconazole, piraclostrobina associado com epoxiconazole foram os que apresentaram as menores perdas de produtividade.

Silva et al. (2007), estudando interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da FAS, concluíram que o fungicida triazol ciproconazole e a sua mistura com o fungicida estrobilurina azoxistrobina apresentaram controle eficiente da ferrugem Asiática.

A consistência de programas de controle químico aplicados de forma curativa e preventiva em várias cultivares de soja em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja foi avaliada por Navarini et al. (2007). O melhor desempenho foi observado quando a primeira aplicação foi realizada com azoxistrobina e a segunda aplicação com um triazol isolado ou em mistura de triazóis. O maior período de proteção à planta, obtido com duas aplicações de fungicida, refletiu na menor severidade da doença, resultando nos maiores incrementos de rendimento. Uma análise geral de diversos fungicidas mostra uma tendência dos maiores ganhos no rendimento estarem relacionados a aplicações preventivas entre os estádios R<sub>1</sub> e R<sub>3</sub>. No caso da FAS, a necessidade de aplicações preventivas mostra-se ainda mais importante (NAVARINI et al, 2007).

Os autores também demonstraram que para maximizar o controle da FAS, é necessária a realização de um número de aplicações adequadas ao ciclo de cada cultivar, bem como as características relacionadas aos diversos grupos de ingredientes ativos dos fungicidas e ao nível de inóculo presente no momento da aplicação.

É mais importante um correto posicionamento do controle químico em relação a cada cultivar associado ao estágio de desenvolvimento que possibilite sua melhor resposta do que propriamente a escolha de um determinado ingrediente ativo, principalmente no caso de uma doença como a ferrugem, cuja taxa de progressão é elevada. Evidentemente que a associação de ingredientes ativos, na medida em que o estágio de desenvolvimento for corretamente posicionado, torna vital para um controle eficaz da doença (GIORDANI, 2001).

Na seleção da melhor estratégia de pulverização para o controle da ferrugem, são necessários conhecimentos do fungicida e de equipamentos apropriados, particularmente das pontas de pulverização, momento correto de aplicação, bem como o monitoramento da acurácia na aplicação da dosagem previamente estabelecida (OZKAN, 2005).

O controle da FAS não permite descuidos ou falhas no manejo da cultura e nas estratégias adotadas. A cada ano a severidade da doença tem aumentado nas

regiões de clima mais favoráveis. Do mesmo modo também tem aumentado o custo do controle, apesar da redução dos preços da maioria dos fungicidas (YORINORI et al., 2005). Na atual falta de cultivares resistentes, o uso de produto fitossanitário via pulverização é a forma mais eficaz e imediata de controle até o momento (YORINORI et al., 2002).

#### **4.3 Assistência de ar em barras de pulverização**

O uso da assistência de ar nos equipamentos de aplicação de produtos fitossanitários é bastante antigo com relatos da difusão dessa tecnologia a partir da década de 80 (ROBINSON, 1993). No Brasil, na década de 90, foi noticiado pela indústria nacional o desenvolvimento de equipamentos dotados de assistência de ar junto à barra de pulverização. A incorporação dessa tecnologia aos pulverizadores de barras surgiu como ferramenta para melhorar a qualidade da aplicação, reduziu as perdas de produtividade, reduzir a deriva e a exposição aos produtos fitossanitários (SARTORI, 1997).

A seleção da velocidade e volume de ar em pulverizações deve estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da cultura, pois, quanto maior o índice de área foliar (IAF) são menores as perdas das gotas pela deflexão do ar. Já para pulverizações em solo nu não se recomenda o uso dessa tecnologia por incrementar a deriva, decorrente desse processo físico e ausência da vegetação. A contaminação do solo cultivado com cereais pode ser reduzida, em aproximadamente 40%, ao utilizar-se de 50% da velocidade máxima do ar gerado pelo ventilador em pulverizador dotado de assistência de ar na barra, em relação a aplicação convencional (sem ar), conforme relatado por Taylor e Andersen (1997).

Raetano e Bauer (2003) avaliaram o efeito da variação de velocidade do ar (50, 75 e 100% da capacidade máxima de rotação do ventilador) em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários na cultura do feijoeiro, cv. Carioca. Aos 48 dias, após a emergência, foram aplicados  $200 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$  d'água de óxido cuproso com as pontas de jato plano AXI-110015 a 206,7 kPa e jato cônico vazio JA-1 à 1.033,5 kPa, em presença ou não da AA, utilizando-se um pulverizador Modelo Falcon Vortex com velocidade de deslocamento de  $6,1 \text{ km h}^{-1}$ . O volume de calda foi  $100 \text{ L ha}^{-1}$ , em ambas condições operacionais. A variação da velocidade do ar não influenciou os níveis de depósitos na cultura, mas o uso da AA operada a

plena capacidade do ventilador, resultou em melhores níveis de depósitos na superfície abaxial dos folíolos posicionados na parte baixa das plantas.

A influência da velocidade do ar (0, 9, 11 e 29 km h<sup>-1</sup>) combinada a diferentes ângulos da barra pulverizadora (0° e 30° em relação a vertical no sentido de deslocamento do equipamento) sobre a deposição da pulverização na cultura da soja, var. Conquista, foi estudada por Christovam et al. (2010a). Foi constatado um incremento de 50% dos depósitos na superfície adaxial de folíolos do baixeiro quando a pulverização foi realizada a 30° com velocidade máxima do ar (29 km h<sup>-1</sup>) junto à barra pulverizadora. Essa condição operacional foi essencial para obtenção do dobro dos depósitos na superfície abaxial dos folíolos dessa parte da planta.

O ângulo de posicionamento dos bicos de pulverização em relação a “cortina de ar” gerada pelo equipamento (vertical, descendente), bem como dos bicos e cortina de ar, em relação à vertical, podem influenciar significativamente sobre os níveis dos depósitos e na distribuição da pulverização. Atualmente, nos pulverizadores de barras de fabricação nacional dotados de assistência de ar, as alterações da angulação dos bicos e cortina de ar, em relação à vertical, a favor ou contrário ao deslocamento do conjunto trator-pulverizador são realizadas de forma simultânea com o comando em cilindro único girando no sentido horário ou anti-horário (RAETANO, 2004).

O uso da angulação do ar a favor do deslocamento com gotas finas pode incrementar substancialmente os níveis de depósitos da pulverização em alvos verticais. Resultados de experimentos divulgados pela Hardi Int. Tech. Report na cultura da batata indicaram que a penetração e retenção da pulverização foram maiores com o uso da assistência de ar posicionada em ângulo a favor do deslocamento nas folhas da parte baixa da planta. Na parte superior o volume de calda retido praticamente não foi influenciado pelo ângulo de saída do ar, a favor ou ao contrário ao deslocamento do equipamento (TAYLOR e ANDERSEN, 1997).

A interferência da angulação da barra de pulverização, em presença ou não da assistência de ar junto à barra, sobre os níveis dos depósitos de um traçador cúprico na cultura da batata, cv. Ágata foi estudada por Scudeler e Raetano (2006). Um fungicida cúprico (840 g de i.a. kg<sup>-1</sup> equivalente a 500 g kg<sup>-1</sup> de cobre metálico) na dosagem de 200 g de p.c. 100 L<sup>-1</sup> d'água foi aplicado aos 58 dias, após o plantio, em presença ou não da assistência de ar

combinados aos ângulos de aplicação  $+30^\circ$  (a favor do deslocamento),  $0^\circ$  (vertical) e  $-30^\circ$  (contrário ao deslocamento), com a ponta de pulverização de jato cônico vazio JA-4 (621 kPa) e volume de calda equivalente a  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Os maiores depósitos nos folíolos foram constatados com bicos posicionados a  $0^\circ$  e  $+30^\circ$ , em presença da assistência de ar, tanto na parte superior quanto na inferior da planta, na superfície adaxial e abaxial. A presença do ar, além de propiciar maiores depósitos na parte inferior das plantas, mudou o gradiente vertical, proporcionando maior uniformidade na distribuição dos depósitos na planta.

Os depósitos e perdas da calda de pulverização na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), aos 26 dias após a emergência, utilizando-se pulverizadores com assistência de ar junto à barra e convencional (sem ar) foram avaliados por Raetano e Bauer (2004). Os pulverizadores foram equipados com pontas de pulverização de jato cônico vazio: JA-0,5 (793,5 kPa) e JA-1 (862,5 kPa) e jato plano AXI 110015 (241,5 kPa) para a aplicação de volumes de 60 e  $100 \text{ L ha}^{-1}$ . O maior volume proporcionou maiores depósitos, porém elevadas perdas para o solo (mais de 60%) foram constatadas mesmo com o uso da assistência de ar (velocidade do ar correspondente a 50% da rotação máxima do ventilador). Em parte, tais resultados foram atribuídos aos 40% do solo descoberto pela vegetação nesse estágio de desenvolvimento da cultura.

Uma característica importante relacionada ao uso da assistência de ar em barras de pulverização é que estas podem reduzir as perdas da pulverização de produtos fitossanitários por deriva. Gotas finas propiciam maiores depósitos nas plantas, especialmente em monocotiledôneas, porém estão muito suscetíveis à deriva. Sua capacidade de penetração nas culturas é pequena e, portanto, a perda para o solo deveria ser limitada. Dessa forma, a assistência de ar possibilita o uso das gotas finas com maior eficiência, pela redução da deriva e maiores depósitos sobre o alvo, além de possibilitar maior penetração dessas gotas em culturas mais enfolhadas com redução das perdas para o solo. Ao contrário do obtido com gotas de menor diâmetro, as gotas grossas proporcionam depósitos significativamente menores em superfícies verticais (monocotiledôneas), e especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento com o aumento da perda para o solo proporcionalmente ao seu tamanho (JORGENSEN e WITT, 2000).

Bauer e Raetano (2000), avaliando o efeito da assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja, em relação

ao equipamento convencional (sem ar) com alvos artificiais constataram níveis significativamente menores de deriva (aerotransportada) para o equipamento dotado de ar em diferentes distâncias da barra pulverizadora. Os autores também constataram menor deriva por sedimentação na área externa à cultura com o uso da assistência de ar junto à barra pulverizadora.

#### **4.4 Dispositivo *Canopy opener* na deposição da pulverização nas folhas da parte inferior das plantas de soja**

Muitas vezes a proteção das culturas contra patógenos apresentam eficiência de controle se os agrotóxicos são aplicados no tempo certo, com equipamentos calibrados e operando corretamente para aplicar a taxa de ingrediente ativo desejado na área e no alvo. Dentre os diversos agrotóxicos destinados a proteger as culturas de interesse comercial, as aplicações de fungicidas e inseticidas são mais difíceis de atingirem os alvos para realização do controle efetivo quando comparadas as aplicações de herbicidas, pois os insetos e fungos muitas vezes encontram-se em regiões da planta onde as gotas de pulverização tem dificuldades em ultrapassar as barreiras impostas pelas folhas. Algumas doenças como a ferrugem Asiática (*P. pachyrhizi*) e mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) são doenças de difícil controle devido à localização delas não proporcionar uma boa deposição e cobertura dos fungicidas (ZHU et al., 2008b). Alguns insetos como as lagartas desfolhadoras tem hábitos de se alimentarem em regiões inferiores das plantas tornando-as menos vulneráveis a contaminação por inseticidas. Observações feitas por Prado (2009) com a lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* verificou que larvas dos ínstars iniciais do inseto encontravam nas porções inferiores do dossel da cultura da soja e que pulverizações com auxílio da assistência de ar na barra de pulverização obtiveram melhores resultados de controle do inseto.

Para que se tenham maiores chances de sucesso no controle de doença como o mofo branco e a FAS é necessário uma cobertura completa de fungicida nas folhas de toda planta de soja. Como mencionado anteriormente, a penetração das gotas da pulverização nas partes inferiores das plantas é muito difícil, principalmente quando as plantas apresentam um grande índice de área foliar (ZHU et al., 2002, 2004; OZKAN et al., 2006; HANNA et al., 2009).



O uso da assistência de ar junto à barra de pulverização pode aumentar a eficiência de controle de doenças e insetos em culturas com alta densidade de folhas (REICHARD et al., 1979; FOX et al., 1982; SALYANI, 2000; DERKSEN et al., 2001; MUELLER et al., 2002; RAETANO e BAUER, 2004; OZKAN et al., 2006; DERKSEN et al., 2006; CHRISTOVAM, et al., 2010a; CHRISTOVAM, et al., 2010b; CHRISTOVAM, et al., 2010c; PRADO et al., 2010a; PRADO et al., 2010b). Embora essa tecnologia apresente resultados satisfatórios referentes à deposição de agrotóxicos nas partes inferiores de culturas com alta densidade foliar, não é uma tecnologia com custo baixo, ficando restrita apenas aos grandes produtores. O uso de pulverizadores convencionais acoplado com um dispositivo cuja finalidade é de abrir o dossel da cultura (*canopy opener*) no sentido da pulverização pode ser uma alternativa econômica e efetiva para produtores com menor poder aquisitivo (ZHU et al., 2008b).

Zhu et al. (2008b) observaram que pulverizações realizadas com pulverizadores convencionais com *CO* não apresentaram diferenças significativas na cobertura da pulverização nas partes medianas das plantas de soja quando comparada à pulverização realizada com *AA*, mas diferenciaram significativamente dos tratamentos onde foram realizada pulverizações no sistema convencional sem o uso do *CO*. Considerando que o acoplamento do *CO* junto à barra de pulverização pode propiciar resultados de deposição semelhantes aos obtidos com o uso da *AA* junto à barra de pulverização e que esta tecnologia mostra-se mais econômica quando comparada à *AA*, provavelmente o uso dessa nova tecnologia pode proporcionar melhorias no controle da ferrugem Asiática.

#### **4.5 Uso de adjuvantes em pulverizações**

É conhecido que o uso de diferentes óleos ou surfatantes (adjuvantes) associados com produtos fitossanitários podem oferecer melhorias na eficácia de pulverizações (ZABKIEWICZ, 2008). De acordo com Kudsk e Mathiassen (2007), os adjuvantes podem superar condições climáticas adversas proporcionando melhorias nas aplicações. A mistura de adjuvantes em calda de pulverização é uma poderosa ferramenta utilizada para aumentar a uniformidade de deposição do ingrediente ativo de fungicidas (HOLLOWAY et al., 2000; PENNER, 2000). Os adjuvantes a depender do tipo promovem

melhorias na molhabilidade de folhas, espalhamento, aderência e penetração dos produtos fitossanitários, sendo assim características importantes no seu modo de ação (RYCKAERT et al., 2007). A utilização de determinados adjuvantes pode proporcionar aumento na absorção, aumento na retenção ao alvo e aumento na persistência do ingrediente ativo (STICKLER, 1992).

A absorção pelas folhas pode ocorrer de forma lenta pela cutícula ou fisicamente através dos estômatos. Estudos demonstraram que líquidos com tensão superficial de 76 mN/m não conseguem atravessar estômatos das folhas e atingir o mesófilo foliar. Soluções contendo o surfatante Silwet L-77 são capazes de molhar até mesmo superfícies de Teflon, podendo oferecer um espalhamento nas superfícies foliares de 50 a 100 vezes mais do que outros surfatantes. Soluções contendo esse surfatante podem apresentar uma tensão superficial de 22 mN/m o qual é um valor bem abaixo do necessário para que haja absorção via estômato (ZABKIEWICZ, 2008). Forster et al. (2004), estudando o mecanismo de absorção de produtos fitossanitários em presença e ausência de surfatantes, observaram maiores valores do ingrediente ativo epoxiconazole em folhas de *Chenopodium album* quando a calda foi acrescida do surfatante Silwet L-77 em comparação à calda sem o surfatante. A maior absorção de epoxiconazole aplicado sozinho foi 32%, comparada com 84% quando a aplicação foi realizada na presença de surfatante. Forster et al. (2006) verificaram aumento da porcentagem de absorção de piraclostrobina na presença de diferentes surfatantes variando de 9 a 31% em folhas de *Triticum aestivum*.

Os adjuvantes surfatante tem a habilidade de reduzir a tensão superficial de soluções aquosas diminuindo o ângulo de contato entre as gotas da pulverização e a cutícula das folhas promovendo dessa forma um melhor molhamento e espalhamento do produto utilizado (WAGNER et al., 2003).

A adição do surfatante siliconado Silwet L-77 em caldas de pulverização pode reduzir drasticamente a tensão superficial da mesma, promovendo melhor retenção das gotas da pulverização e aumento da cobertura principalmente em folhas hidrofóbicas (STEVENS, 1993; IOST e RAETANO, 2010). O espalhamento promovido por Silwet tem sido utilizado para aumentar a cobertura da pulverização utilizando volumes baixos de aplicação, porém as chances de perda da calda por escorrimento é grande quando utilizado volumes altos (STEVENS, 1993). Iost e Raetano (2010) observaram uma relação direta entre

tensão superficial dinâmica e o ângulo de contato das gotas, indicando que, quanto maior a tensão superficial, menor será a molhabilidade da superfície e, conseqüentemente, maior será o ângulo de contato.

Iost e Raetano (2010) avaliando o comportamento da tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies naturais e artificiais concluíram que maiores níveis de molhamento com soluções aquosas em alvos naturais foram obtidos através das menores tensões superficiais e ângulo de contato das gotas, porém essa propriedade é dependente das características das espécies vegetais.

Cunha e Peres (2010), estudando o efeito do adjuvante dodecil benzeno, observaram maiores densidades de gotas nos terços médio e superior do dossel e maior produtividade da cultura da soja quando as aplicações foram realizadas com esse adjuvante. Aguiar-Júnior et al. (2011), estudando o efeito do surfatante siliconado Silwet L-77 na deposição e controle da FAS também encontraram melhores resultados de controle da doença quando utilizou-se o surfatante siliconado na calda fungicida.

#### **4.6 Volume de aplicação em pulverizações terrestre**

A eficácia de produtos fitossanitários no controle de insetos-pragas, doenças ou plantas daninhas é particularmente depende de uma suficiente e consistente cobertura nas plantas a serem tratadas, a qual pode ser influenciada pela quantidade do diluente (água) utilizada durante as pulverizações (Knoche, 1994). Muitos são os casos de utilização de volumes altos de aplicação, principalmente em culturas com índice de massa foliar elevado, para garantir uma boa cobertura das folhas da parte inferior das plantas, acarretando um desperdício da calda pulverizada pelo escorrimento e contaminação do solo.

Diversos trabalhos estudando o efeito do volume de aplicação de produtos fitossanitários na cobertura da pulverização têm sido conduzidos em culturas frutíferas (OLIVEIRA et al., 1998; CAMILO e PALLADINI, 2000; ABI SAAB et al., 2002; IOST et al., 2008) e em grãos (CUNHA et al., 2005; CUNHA et al., 2006; ARMSTRONG-CHO et al., 2008; CUNHA et al., 2008; BARBOSA et al., 2009; CUNHA e PEREIRA, 2009; PRADO et al., 2011). Grande parte desses estudos visa à redução da taxa de aplicação mantendo satisfatória a eficiência de controle do problema fitossanitário. Volumes mais baixos

podem ser tão ou mais eficientes quanto os volumes altos, podendo representar vantagem do ponto de vista prático. Uma das vantagens é a redução do tempo de aplicação do tratamento. A utilização de volumes baixos de calda pode diminuir o número de reabastecimentos, e com isso, reduzir o tempo de aplicação, racionalizando o custo das máquinas e equipamentos. O uso de volumes mais baixos pode, também, contribuir para a redução da poluição ambiental, diminuindo ou eliminando totalmente as perdas por escoamento para o solo (CAMILO e PALLADINI, 2000).

Embora a redução do volume de aplicação venha sendo bastante estudada nas últimas décadas pelos fatores descritos anteriormente, nem sempre é possível baixar de maneira acentuada esse volume de aplicação, pois a redução excessiva do volume pode levar a ineficiência do produto fitossanitário principalmente quando o diluente utilizado é a água.

Oliveira et al. (1998), estudando diferentes volumes de aplicação no controle do ácaro-da-leprose, observaram maiores eficiências de controle do acarino quando as pulverizações foram realizadas nos maiores volumes. De acordo com os autores, quanto maior o volume de calda aplicado por planta, independente da concentração do acaricida, mais eficaz é o controle do ácaro-da-leprose dos citros, e a eficiência do controle do acarino depende mais do volume de água aplicado do que da concentração empregada do acaricida.

Cunha e Pereira (2009), avaliando o efeito de pontas e volumes de aplicação no controle de doenças fungicas na cultura do milho, tiveram melhores resultados de deposição da calda no dossel da cultura utilizando volumes maiores de aplicação, embora essa diferença não foi suficiente para promover menores perdas na produtividade da cultura.

Barbosa et al. (2009), verificando o efeito do volume e métodos de aplicação na cultura da soja, observaram que os depósitos da pulverização não aumentaram, independente da modalidade de aplicação, quando foi aumentado o volume aplicado e que não há evidencia que justifique aplicações com volumes acima de  $140 \text{ L ha}^{-1}$ . Ainda de acordo com esses autores, os depósitos da pulverização foram maiores nas folhas da parte superior da planta de soja, independente do método da aplicação e volume utilizado, comparado com aquelas nas folhas da parte inferior das plantas corroborando com resultados obtidos por Prado et al., 2010a; Christovam et al., 2010a; Christovam et al., 2010b; Christovam et al., 2010c os quais observaram maiores depósitos da pulverização nas folhas da parte superior da planta.

Já Armstrong-Cho et al. (2008), avaliando o efeito do volume de aplicação no controle de *Ascochyta rabiei* em grão de bico, não observaram interação significativa entre volume de aplicação e partes de amostragem das plantas, sugerindo que o aumento no volume de aplicação não muda a proporção de calda retida na parte inferior, mediana e superior da planta. Vale lembrar que o índice de massa foliar da cultura em estudo é um fator muito importante. Quanto maior a densidade foliar maior é a dificuldade de cobertura, principalmente nas folhas da parte inferior da planta.

Embora seja grande a importância de uma boa cobertura da calda fungicida, a literatura científica contém poucos estudos referentes ao volume de calda a ser empregado (ARMSTRONG-CHO et al. 2008). Uma revisão de 110 estudos visando o efeito do volume de aplicação variando de 5 a 2200 L ha<sup>-1</sup> na eficácia de herbicidas revelaram que a cobertura da pulverização não foi o principal fator que determinou a eficiência do herbicida. O aumento da eficácia de herbicidas pela redução do volume de aplicação foram reportados por 25% dos estudos, enquanto 32% não observaram efeito do volume de aplicação e 44% foram encontrados correlação com o aumento da eficiência do herbicida, ou seja, maior eficácia do herbicida foram obtidas com os maiores volumes de calda (KNOCHE, 1994).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho envolveu a construção de um equipamento com finalidade de abrir o dossel da cultura e melhorar a distribuição da pulverização em plantas de soja. Para isso foram realizados um experimento no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP - Campus de Botucatu, SP, e outros três em campo conduzidos na área experimental da fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da FCA/UNESP – Campus de Botucatu comparando diferentes tecnologias terrestres de aplicação sobre os depósitos da pulverização, controle da FAS e parâmetros de produtividade na cultura da soja em dois anos agrícolas.

### 5.1 Construção do dispositivo *Canopy opener*

Para construção do equipamento que possibilita a abertura do dossel da cultura nomeado *canopy opener* (CO) foram tomados como referência os modelos matemáticos realizados por Zhu et al. 2008a, e os ensaios realizados em condições de campo por Zhu et al. 2008b. Nesses ensaios foram estimadas a distância horizontal (comprimento) e vertical (profundidade) entre o dispositivo (barra tubular de ferro) e as pontas de pulverização na barra pulverizadora de modo a proporcionar melhor deposição das gotas nas folhas das partes mediana e inferior das plantas de soja.

O dispositivo foi fabricado por uma armação metálica constituída por duas barras horizontais, dois suportes verticais com mancal de rolamento em uma das

extremidades, barra tubular de ferro e duas peças abraçadeiras. Os dois suportes verticais foram utilizados para fixar, pelo mancal de rolamento, as duas extremidades da barra tubular. As duas barras horizontais tiveram como funções de apoiar os suportes verticais e anexação à barra de pulverização. As abraçadeiras tiveram como propósitos associar as barras horizontais com os suportes verticais conferindo mobilidade (comprimento e profundidade) aos suportes verticais (Figura 1).

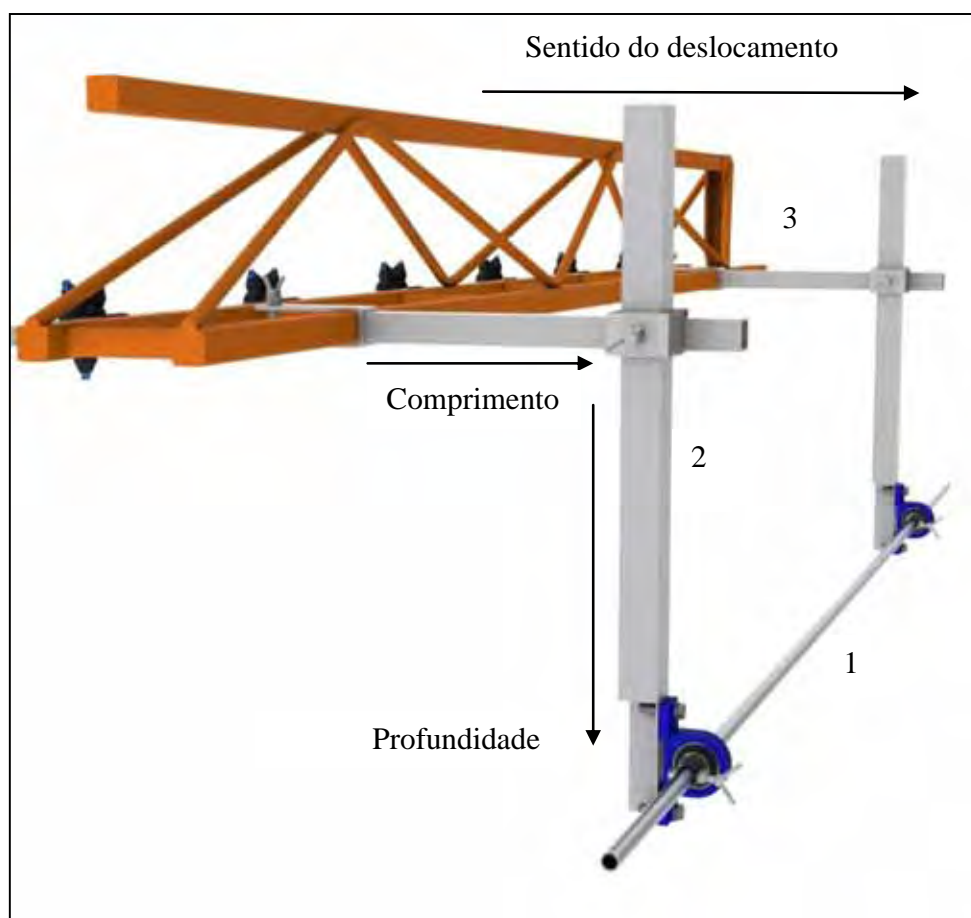


Figura 1. Representação esquemática do dispositivo *CO* demonstrando o comprimento e a profundidade entre a barra tubular de ferro e as pontas de pulverização. 1- barra tubular de ferro; 2- suporte vertical; 3- barra horizontal. Botucatu-SP, 2012.

As barras horizontais foram constituídas por duas cantoneiras de ferro com abas iguais unidas entre si por um cordão de solda e estas soldadas em uma de suas

extremidades a uma chapa de ferro dobrada em forma de “U”. Em ambas as partes da região distal desse suporte foram feitos furos passantes simétricos e sobre um dos furos na parte externa do suporte horizontal soldou-se uma porca sextavada. A fixação à barra horizontal foi feita pelo acoplamento do suporte em forma de “U” à barra de pulverização transfixando um parafuso por ambos os furos passantes e este atarraxado a uma porca sextavada (Figura 2).

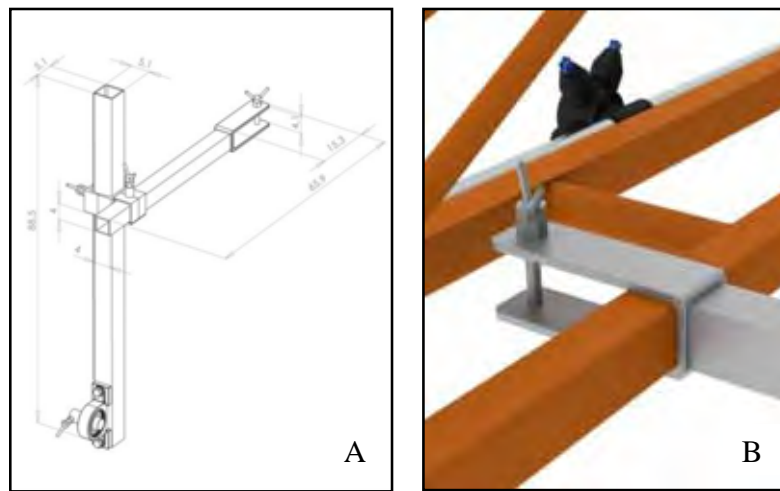


Figura 2. Esquema da barra horizontal e suporte vertical (A) e acoplamento da barra horizontal à barra do pulverizador pelo suporte em forma de “U” com detalhes da porca e parafuso utilizados para fixação por pressão (B). Botucatu-SP, 2012.

Para fixação da barra tubular de ferro foram construídos dois suportes verticais através do ligamento de duas cantoneiras de abas iguais por um cordão de solda. Na extremidade de cada suporte foi anexado um mancal de rolamento (mancal de rolamento Powell P206) que teve como funções de sustentar, dar mobilidade e rolagem à barra tubular de ferro (Figura 3B). Os mancais de rolamento foram unidos aos suportes verticais pela pressão exercida por porcas e arruelas atarraxadas em dois parafusos passantes. Na parte interna de cada rolamento foi soldado um tubo de aço com um furo passante na extremidade e sobre esse furo (parte externa) foi soldada uma porca sextava cuja finalidade era a passagem de um parafuso. A fixação da barra tubular de ferro no mancal de rolamento foi feita por meio de pressão exercida pela ponta do parafuso com a barra (Figura 3C).

Os mancais de rolamento além de permitir a livre rolagem da barra tubular quando em contato com as plantas de soja facilitando o deslocamento do dispositivo



anexado à barra de pulverização, possibilita a movimentação da barra tubular por entre os rolamentos em relação à barra de pulverização. Dessa forma, a fixação da barra tubular de ferro não é obrigatoriamente feita pelas suas extremidades uma vez que a anexação das barras horizontais não pôde ser realizada em quaisquer pontos da barra de pulverização e dessa forma facilitando a montagem e operabilidade do conjunto (barra de pulverização associada ao *CO*) (Figura 4).

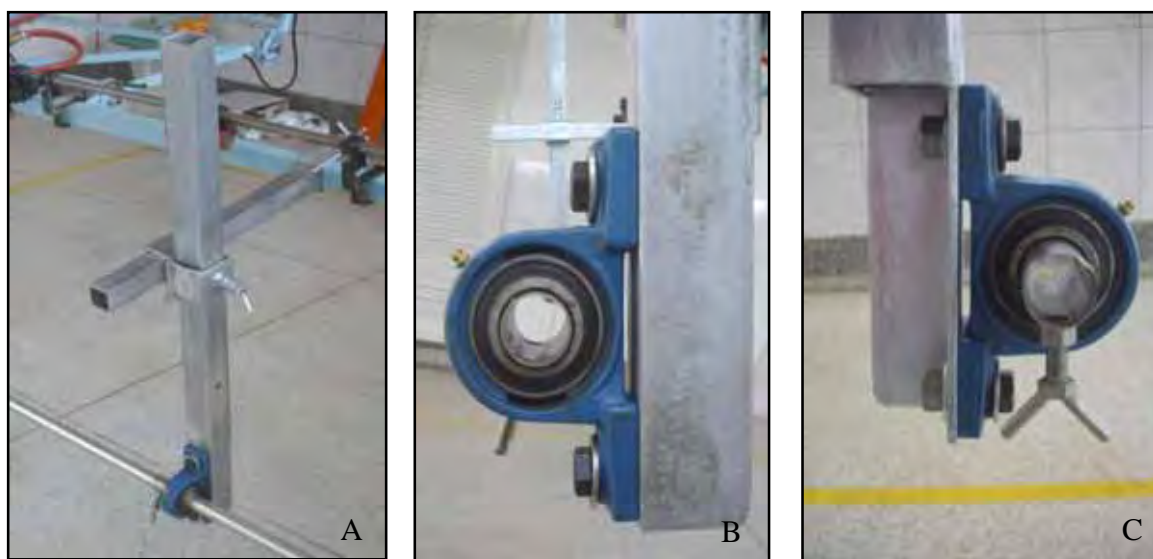


Figura 3. Detalhes do suporte vertical (A), mancal de rolamento com tudo de aço soldado na parte interna do rolamento (B) e porca sextavada soldada na parte externa do tubo de aço com parafuso (C). Botucatu-SP, 2012.

Embora a barra tubular tivesse como característica a livre rotação em relação ao seu eixo, não foi observado força o suficiente pelas plantas de soja para que o tubo rolasse. A barra tubular constitui-se de um simples tubo oco de ferro de 3 metros de comprimento, com o propósito de inclinar as plantas de soja no sentido da pulverização (Figura 4).



Figura 4. Dispositivo *CO* montado e anexado à barra de pulverização. Flechas indicam a possibilidade de movimentação da barra tubular. Botucatu-SP, 2012.

Finalmente, as duas abraçadeiras foram construídas pela junção com solda de duas vigas “U” (acoplado nos suportes verticais) e estas unidas pela junção de duas cantoneiras de abas iguais (acoplada nas barras horizontais) (Figura 5A e 5B). A função das abraçadeiras foi de servir como elo entre os suportes verticais e as barras horizontais e conferir mobilidade para os suportes. A distância vertical entre as pontas de pulverização e a barra tubular foi definida como *CO* profundidade e a distância horizontal entre as pontas de pulverização com a barra tubular foi definida como *CO* comprimento, as quais são ajustadas pelas abraçadeiras (Figura 1 e 5C).



Figura 5. Detalhes das abraçadeiras com porca e parafuso (A e B) e abraçadeira servindo como elo entre suporte vertical e barra horizontal. Botucatu-SP, 2012.

O dispositivo *CO* foi construído a base de ferro e aço carbono 1020 para oferecer resistência ao conjunto, evitando possível flexibilidade do equipamento no momento de sua operação uma vez que as plantas de soja oferecem resistência ao deslocamento do dispositivo. Com exceção da barra de ferro tubular (3,0 m) as peças do equipamento podem ser facilmente transportadas.

Após os testes preliminares e estabelecida a viabilidade do dispositivo, todas as peças do conjunto receberam galvanização por imersão com intuito de preservação do material uma vez que grande parte das atividades foi realizada a campo. A soldagem de orelhas nas cabeças de todos os parafusos do conjunto foi realizada para facilitar as operações de montagem do equipamento evitando o carregamento de ferramentas. No entanto, essa prática não foi viável apenas aos parafusos das abraçadeiras sendo necessário o seu aperto com ferramentas garantindo um adequado atarraxamento.

O dispositivo proporciona dimensões mínimas de trabalho de 0,25 m; máxima de 0,975 m para ambos os segmentos *CO* comprimento (distância horizontal entre a barra de ferro em relação as pontas de pulverização) e *CO* profundidade (distância vertical entre a barra tubular de ferro em relação as pontas de pulverização). Essas medidas foram tomadas como base a barra de pulverização do pulverizador Advance Vortex 2000, podendo variar conforme o modelo do pulverizador a ser utilizado.

Detalhes das sete peças que formam o conjunto *CO* e suas dimensões estão apresentadas no Apêndice 1.

## **5.2 Condução das plantas de soja em jardineiras**

A semeadura da soja foi realizada em jardineiras de amianto com dimensões de 1,0 x 0,20 x 0,20 m, como forma de representar a condição de semeadura a campo, além de possibilitar a simulação do espaçamento entre as linhas de semeadura no laboratório. Para isso, 3,0 m<sup>3</sup> de substrato foram preparados com proporções iguais de latossolo vermelho escuro, esterco de curral curtido e areia grossa lavada. Ao substrato adicionou-se 0,95 g de termofosfato BZ, 0,85 g de superfosfato simples e 0,195 g de cloreto de potássio por litro de substrato e em seguida misturados para uma perfeita homogeneização e distribuído nas jardineiras.

As sementes de soja, cultivar FTS Campo Mourão RR (hábito de crescimento semi-determinado), foram inoculadas com *Bradirhizobium japonicum* (Nitragin Optimize®, Basf S.A.) a 150 mL do produto comercial (p.c.) 50 kg<sup>-1</sup> de sementes, tratadas com a mistura fungicida carboxina associada com tiram (Vitavax Thiram 200 SC, Chemtura Indústria Química do Brasil Ltda) na dosagem de 50 + 50 g ingrediente ativo (i.a.) 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e semeadas à profundidade de 0,02 m. As jardineiras foram mantidas em ambiente natural com irrigações diárias. Foi realizado o raleio do excesso das plantas aos 14 dias após a emergência permanecendo uma população final de 12 plantas por metro linear. Em intervalos de 20 dias realizaram-se adubações de cobertura utilizando-se 100 g do adubo formulado 08-28-16 (N-P-K). Essa prática foi adotada devido à observação visual de deficiência nutricional das plantas, provavelmente em virtude da lixiviação dos nutrientes devido às irrigações diárias. A opção por essa cultivar deve-se ao desenvolvimento adequado para o cultivo na região de Botucatu-SP, além do porte elevado, alto índice de área foliar com folhas de grandes dimensões, o que a torna propícia ao desenvolvimento da doença FAS.

### **5.3 Experimento 1: Viabilidade do dispositivo *Canopy opener* na deposição da pulverização nas folhas de soja em ambiente controlado**

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com três tratamentos e sete repetições. Foram comparadas três tecnologias sobre os depósitos da pulverização em plantas de soja: pulverização convencional; pulverização com *CO* a 0,10 m de profundidade e pulverização com *CO* a 0,20 m de profundidade, totalizando 21 parcelas.

As profundidades de 0,10 e 0,20 m se referem à distância da barra tubular de ferro do artefato em relação ao topo das plantas de soja e o comprimento de 0,25 m entre as pontas de pulverização e a barra tubular conforme apresentado na Figura 6A. A função desse artefato é de inclinar as plantas de soja no sentido da pulverização, abrindo espaço no dossel da cultura e, assim, facilitando a penetração das gotas da pulverização nas folhas da parte média e inferior das plantas de soja (Figura 6B).

No estágio reprodutivo (ER) R3 (Início da formação de vagens) (FEHR et al., 1971) as jardineiras foram levadas para o laboratório, sendo três jardineiras posicionadas lado a lado de modo que as plantas ficassem com uma distância entre linhas de plantio de 0,45

m apresentando densidade de 24 plantas  $m^{-2}$ . Com esse arranjo as extremidades de cada planta entraram em contato com as plantas das jardineiras adjacentes podendo dessa forma ter uma melhor aproximação das condições de campo. No ER R3 as plantas apresentaram uma altura média de 0,60 m em relação ao solo da jardineira.

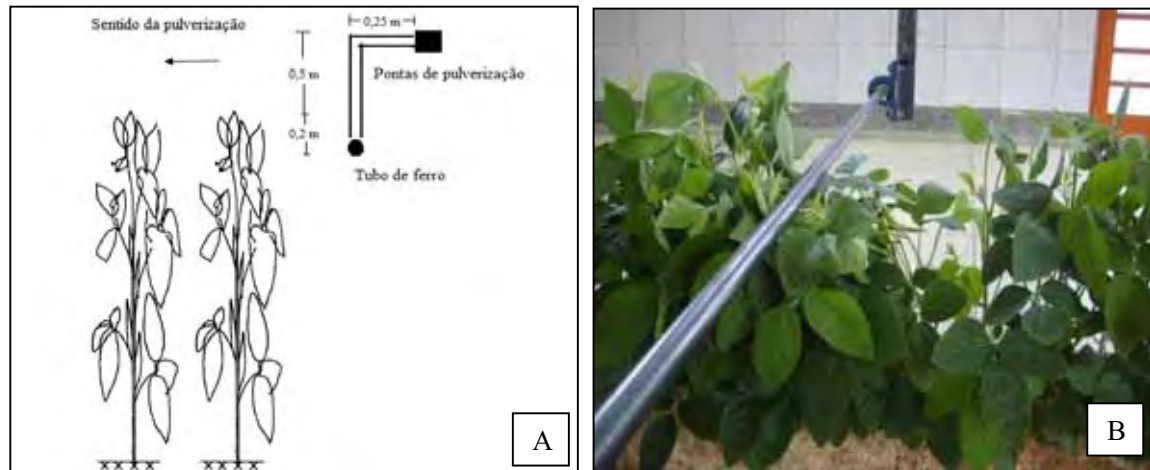


Figura 6. Profundidade e comprimento entre a barra tubular de ferro em relação às pontas de pulverização (A). *CO* inclinando as plantas de soja (B). Botucatu-SP, 2012.

A pulverização das plantas de soja foi realizada pelo sistema de pulverização do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP - Campus de Botucatu, SP, projetado para que a pulverização possa ser totalmente ajustada de forma a controlar todos os parâmetros da configuração selecionada e calibração do equipamento. Foram utilizadas pontas de pulverização de jato plano XR 110 02 (Spraying System do Brasil Ltda) espaçadas de 0,50 m e pressão de trabalho de 250 kPa proporcionando gotas de diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 229  $\mu m$  segundo o fabricante. Todas as pontas foram avaliadas quanto à vazão antes da pulverização. O equipamento deslocou-se no mesmo sentido das linhas das plantas na velocidade de 6,0  $km\ h^{-1}$ , aplicando um volume de 150  $L\ ha^{-1}$ . Estas condições operacionais foram mantidas nas três tecnologias utilizadas no experimento. A barra do pulverizador foi mantida na altura de 0,50 m em relação ao topo das plantas de soja. A movimentação da barra pulverizadora iniciou a 2,0 m de distância das primeiras jardineiras, distância suficiente para a

uniformização da velocidade da pulverização, a qual foi mantida fixa para todos os tratamentos.

As condições ambientais no local do sistema de pulverização foram monitoradas por termohigrômetro (marca Lutron, modelo HT-3003), apresentando durante as pulverizações temperaturas do ar de  $24 \pm 1$  °C e umidade relativa (UR) do ar de  $50 \pm 2\%$ .

### **5.3.1 Quantificação do depósito da pulverização**

Como marcador utilizou-se o corante alimentício Azul Brilhante (Corante Azul FCF, Duas Rodas Industrial), catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na concentração de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  e taxa de aplicação do corante equivalente à  $225 \text{ g ha}^{-1}$ . Segundo Pinto et al. (2007) esse corante é estável por um período de 5 horas de exposição solar.

Aproximadamente 20 minutos após a pulverização, tempo suficiente para que a calda de pulverização secasse, isolou-se a jardineira central removendo cuidadosamente as duas jardineiras das extremidades. Avaliou-se a deposição da pulverização na parte superior (folhas do topo das plantas) e na parte inferior (últimas folhas da parte inferior das plantas), a fim de determinar a capacidade de penetração da calda no dossel das plantas. Cortou-se, com auxílio de tesouras, na região do pecíolo e coletou-se cinco folhas da posição superior (3 folíolos) e cinco folhas da posição inferior de cinco plantas centrais de cada jardineira central. As jardineiras das extremidades tiveram somente como função a simulação da densidade de plantas em condições naturais.

As folhas retiradas foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, lavadas com 20 mL de água destilada e agitadas por aproximadamente 15 segundos. A solução resultante da lavagem foi colocada em potes plásticos e os depósitos foram quantificados em espectrofotômetro (Shimadzu UV 1601 PC) com leitura da absorbância no comprimento de onda de 630 nm (Scudeler et al., 2004).

Posteriormente à extração do marcador, as folhas tiveram sua área mensurada pelo medidor de área foliar de bancada LICOR, modelo LI-4100. O volume retido em cada folha em mL (mililitro), para melhor apresentação dos dados, foi transformado em  $\mu\text{L}$

(microlitro) e dividido pela sua respectiva área foliar, obtendo-se assim a quantidade em  $\mu\text{L cm}^{-2}$ .

Os valores de absorvância, quando relacionados a diferentes concentrações do corante permitem o estabelecimento de uma equação de reta linear, indicando a concentração do corante ( $\text{mg L}^{-1}$ ) no alvo após a aplicação (SCUDELER et al., 2004). Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo por meio da equação 1 ( $E_1$ ):

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (E_1)$$

Em que:

$C_i$  = concentração do corante na calda ( $1.500 \text{ mg L}^{-1}$ );

$V_i$  = volume capturado pelo alvo (mL);

$C_f$  = concentração do corante detectada no espectrofotômetro em absorvância ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V_f$  = volume de diluição da amostra (20 mL).

Para a obtenção da concentração do corante na amostra ( $\text{mg L}^{-1}$ ), foi construída uma curva de calibração, efetuando-se a leitura no espectrofotômetro (Shimadzu UV 1601 PC) de concentrações conhecidas do corante. A partir da reta obtida, determinou-se a equação de regressão que permitiu transformar os valores obtidos no espectrofotômetro nos valores em  $\text{mg L}^{-1}$ .

A faixa de linearidade da leitura da absorvância foi obtida com as concentrações do marcador de 10,0; 5,0; 2,5; 1,25; 0,625; 0,15625  $\text{mg L}^{-1}$ .

### 5.3.2 Efeito do dispositivo *Canopy opener* na queda das flores de soja

A partir da hipótese que a barra tubular pudesse derrubar as flores das plantas de soja quando as pulverizações fossem realizadas com *CO* no ER R2, foram realizados testes adicionais em laboratório (Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos do Departamento de Produção Vegetal) nas velocidades de deslocamento do pulverizador de 5 e 9  $\text{km h}^{-1}$  em duas jardineiras com 12 plantas de soja cada. Foram

realizadas duas passagens (ida e volta) da barra pulverizadora com *CO* acoplado nas alturas (barra tubular) de 0,10 e 0,20 m.

### **5.3.3 Análise estatística**

Os valores dos depósitos ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) foram submetidos à análise de variância pelo teste F sendo as médias dos tratamentos, quando significativa, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **5.4 Experimento 2: Comparação de tecnologias de pulverização terrestre sobre os depósitos, severidade da FAS e produtividade da soja**

### **5.4.1 Condução da cultura a campo e caracterização edafoclimática**

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, na cultura da soja, cultivares FTS Campo Mourão RR e BRS Valiosa RR (Hábito de crescimento determinado). A área está situada a uma altitude de 724 metros ( $22^{\circ}48'S$  e  $48^{\circ}25'O$ ) com vento predominante no sentido Leste para Oeste.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO e DRUGOWICH, 1994). Os dados climáticos, registrados durante o período de condução dos experimentos, encontram-se na Figura 7.

De acordo com levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico.

Os valores médios de alguns atributos do solo, em amostragem realizadas semanas antes da instalação dos experimentos, estão apresentados na Tabela 1. Foram realizadas dez amostragens na profundidade de 0-0,20 m em cada ano agrícola.



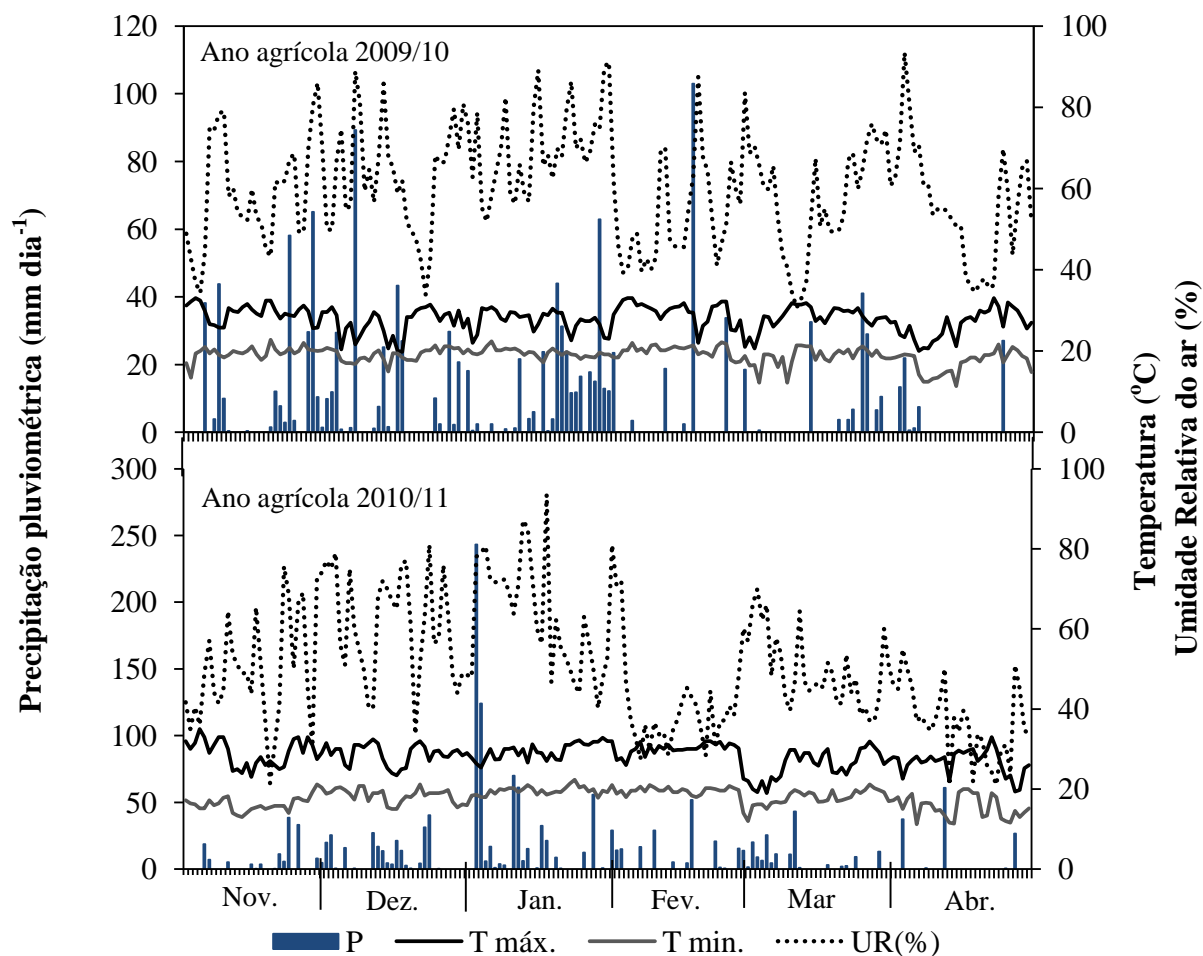


Figura 7. Precipitação pluviométrica (P), temperatura máxima (T. máx.), temperatura mínima (T min.) do ar e Umidade Relativa média do ar (%) obtido na área experimental no período de novembro a abril. Botucatu-SP, 2012.

Tabela 1. Análise química do solo avaliada na área experimental na profundidade de 0-0,20 m. Valores médios da área experimental referente aos 3 experimentos. Botucatu-SP, 2012.

Coleta das amostras	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O.	P (Resina)	H + Al	K	Ca	Mg	SB	V
10/2009	5,1	12	5	19	1,1	12	7	19	51
09/2010	4,8	29	27	44	3,2	37	18	58	57

A opção pelas cultivares FTS Campo Mourão RR e BRS Valiosa RR deve-se ao desenvolvimento adequado para o cultivo na região de Botucatu-SP, além do porte elevado (superior 1,0 m de altura no estágio reprodutivo), índice de área foliar elevado com folhas de grandes dimensões, conferindo um microclima favorável ao desenvolvimento da FAS. No ER R2 as plantas da cultivar FTS Campo Mourão tinham uma altura média de 1,0 m enquanto que a cultivar BRS Valiosa tinha em média 1,4 m de altura.

A semeadura das duas cultivares de soja foi realizada com espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de 17 sementes  $m^{-1}$  conduzidas no sistema de semeadura direta. A semeadura da cultivar FTS Campo Mourão foi realizada no dia 24/11/09; a emergência das plântulas estabelecida em 03/11/09 e a colheita feita no dia 01/04/10. Já a semeadura da cultivar BRS Valiosa foi realizada no dia 05/11/10 e estabelecida à emergência das plântulas em 22/11/10 sendo colhida em 28/04/11.

No ano agrícola 2008, a área experimental fora ocupada pela cultura do trigo (*Triticum* spp) como cultura de inverno e no ano seguinte por aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Os mesmos foram dessecados dias antes da semeadura com os herbicidas glifosato (2 kg i.a.  $ha^{-1}$ ) e diclosulam (35 g i.a.  $ha^{-1}$ ). A adubação foi realizada no sulco de semeadura com 310 kg  $ha^{-1}$  do formulado comercial de N-P-K (04 20 20) no ano agrícola 2009/10 e 320 kg  $ha^{-1}$  do formulado (00 20 20) no ano agrícola seguinte.

As sementes de soja, nos dois anos agrícolas, receberam tratamento com o fungicida carboxina associada com tiram (50 + 50 g i.a. 100  $kg^{-1}$  de sementes) e, posteriormente, foram submetidas à inoculação com suspensão de *Bradyrhizobium* (Nitragin Optimize) na dosagem de 200 mL p.c. 100  $kg^{-1}$  de sementes.

O controle de lagartas e percevejos foi realizado com inseticidas químicos quando esses insetos-pragas atingiram o nível de controle. Dias antes da colheita realizou-se a dessecação da soja com o herbicida de contato dicloreto de paraquate (Gramoxone 200) na dose de 400 mL i.a  $ha^{-1}$  devido à presença de algumas plantas com maturação desigual.

#### 5.4.2 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Foram comparadas 5 tecnologias de pulverização sobre os depósitos da calda em plantas de soja, conforme segue: T1 - pulverização com assistência de ar (AA) na capacidade máxima de rotação do ventilador; T2 - pulverização com *CO* a 0,10 m de profundidade; T3 - pulverização com *CO* a 0,10 m de profundidade associado com AA; T4 - pulverização com *CO* a 0,20 m de profundidade; T5 - pulverização com *CO* a 0,2 m de profundidade associado com AA, totalizando 20 parcelas de 3,0 x 9,0 m (largura x comprimento).

O dispositivo *CO* foi montado e anexado em um dos lados da barra do pulverizador de modo que uma das extremidades da barra de ferro tubular ficou com uma distância de 0,5 m da roda do pulverizador (Figura 8A). No momento da pulverização a barra do pulverizador foi mantida na altura de 0,50 m em relação ao topo das plantas de soja para todas as aplicações com exceção da última aplicação de fungicida na safra 2010/11 (ER R4 da cultivar BRS Valiosa) que foi feita na altura de 0,40 m devido ao alto porte da cultura e pela incapacidade de suspensão da barra do pulverizador (Figura 8B).



Figura 8. *Canopy opener* acoplado ao pulverizador de arrasto Advance Vortex 2000 (A) e aplicação do fungicida na parcela (B). Botucatu-SP, 2012.

O pulverizador utilizado nos ensaios foi de arrasto, marca Jacto S.A., modelo Advance Vortex 2000 com barras de 18,5 m de comprimento, equipadas com 37 pontas de pulverização de jato plano, modelo XR 8002 (Spraying System do Brasil Ltda), espaçadas de 0,50 m operando à pressão de 400 kPa com deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 6,7 km h<sup>-1</sup>, conferindo um volume de calda de 160 L ha<sup>-1</sup> e DMV de 205 µm, conforme especificação do fabricante. A escolha do pulverizador deveu-se a capacidade de operação com e sem o uso da assistência de ar junto à barra de pulverização. A velocidade média do fluxo de ar, operando na capacidade máxima de rotação do ventilador ao longo da barra de pulverização, medida através de termo-anemômetro digital (ITTAD 500) a uma distância de 0,5 m em relação à saída do ar foi de 9,8 m s<sup>-1</sup>. Devido a facilidade de trabalho o equipamento *CO* foi instalado no segmento da barra próximo a roda do trator (Figura 8A). As pontas de pulverização foram posicionadas atrás da saída do fluxo de ar pela manga inflada ao longo da barra. Tanto as pontas de pulverização quanto a saída do fluxo de ar foram posicionados verticalmente (descendente) em direção a cultura da soja (KUNZ, 2010).

As pulverizações do corante e fungicida nas parcelas foram feitas por uma das secções da barra do pulverizador operando na mesma direção das linhas das plantas de soja. Todas as aplicações foram realizadas sempre no mesmo sentido de Norte para Sul. As condições ambientais foram mensuradas no momento da pulverização por meio de termohigrômetro (Lutron, modelo HT-3003) e anemômetro digital (Lutron, modelo AM – 4201). A leitura da UR e temperatura do ar foram feitas posicionando o termohigrômetro a 1,0 m de altura acima do solo na sombra e a velocidade do vento foi mensurado a 0,50 m acima do topo da cultura. A Tabela 2 apresenta os valores de UR e temperatura do ar, velocidade e direção do vento no momento das pulverizações.

Tabela 2. Condições ambientais durante as aplicações do corante Azul Brilhante. Botucatu-SP, 2012.

<b>Data</b>	<b>Dias após emergência</b>	<b>Estádio da cultura</b>	<b>UR do ar (%)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>	<b>Velocidade do vento (km h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Direção do vento</b>
02 Fev-10	62	R2	60 ± 5	31 ± 3	1,2 - 2,2	S
02 Fev-11	72	R2	65 ± 5	30 ± 2	2,0 - 7,8	O

### 5.4.3 Partes das plantas avaliadas

Avaliou-se a deposição da pulverização coletando três folhas por planta em dez plantas das linhas centrais de cada parcela nas partes superior (folhas do ponteiro), inferior (últimas folhas da parte inferior) e mediana (folhas posicionadas entre as folhas do ponteiro e as últimas folhas da parte inferior), a fim de determinar a capacidade de penetração da calda no dossel da cultura. Aproximadamente vinte minutos após a pulverização do corante, as folhas retiradas das plantas foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos e levadas para o laboratório. A cada amostra (três folíolos) foram adicionados 30 mL de água destilada, e agitou-se por 15 segundos para remoção do corante. A solução resultante foi colocada em potes plásticos e os depósitos foram quantificados em espectrofotômetro conforme descrito no item 5.3.1. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625; 0,15625 mg L<sup>-1</sup>, as quais possibilitaram a confecção das curvas de calibração nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11.

### 5.4.4 Avaliação do controle da FAS

Os experimentos foram conduzidos no mesmo delineamento do experimento anterior, em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Também foram testadas 5 tecnologias de aplicação (mesmos tratamentos descritos no item 5.4.2) acrescentando-se um tratamento testemunha (nenhuma aplicação de fungicida). Os equipamentos e suas calibrações foram os mesmos utilizados no item 5.4.2.

A partir do estágio V8 da cultura foram realizados levantamentos semanais para monitoramento da infestação natural da ferrugem asiática, causada pelo fungo *P. pachyrhizi*. Para avaliação da infestação da doença foram observados os folíolos da parte inferior das plantas de soja e, quando confirmada sua presença na área experimental (aos 55 dias após emergência no ano agrícola 2009/10 e aos 53 no ano seguinte), procedeu-se a primeira aplicação da mistura comercial fungicida piraclostrobina associado com epxiconazole (Opera) na dosagem de 25 + 66,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Todas as demais aplicações foram realizadas com o mesmo fungicida na mesma dosagem. A mistura comercial entre fungicida do grupo dos triazóis e estrobilurina apresenta, atualmente, as maiores eficiências de controle da FAS (MILES et al., 2007). A Tabela 3 descreve as condições ambientais no momento das aplicações dos fungicidas.

Tabela 3. Condições ambientais durante as aplicações do fungicida piraclostrobina associado com epoxiconazole nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11. Botucatu-SP, 2012.

Data	Dias após emergência	Estádio da cultura	UR do ar (%)	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento
01 Fev-10	61	R2	60 ± 5	30 ± 3	1,5 - 2,0	S
10 Fev-10	70	R3	92 ± 5	22 ± 2	2,0 - 6,0	SO
03 Mar-10	98	R5	77 ± 5	21 ± 3	7,0 - 12,0	NO
21 Jan-11	60	R2	70 ± 5	29 ± 3	4,0 - 9,0	NO
17 Fev-11	87	R4	75 ± 5	27 ± 2	1,9 - 6,2	NO

A avaliação da severidade da FAS foi realizada a intervalos de 7 dias. Para tal, foram atribuídas após observação visual em 15 folíolos da parte inferior e 15 da parte mediana das plantas notas de porcentagem de área lesionada pela doença (0,6; 2,0; 7,0; 18,0; 42,0 e 78,5%) utilizando a escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006). Com intuito de minimizar erros durante as avaliações de severidade da doença, todas as avaliações foram feitas pelos mesmos avaliadores.

As datas de avaliações da severidade da doença e seus respectivos valores médios nos 30 folíolos (parte mediana e inferior) amostrados em cada parcela experimental foram usados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), através da integração trapezoidal, apresentada na equação 2 (E<sub>2</sub>), conforme metodologia proposta por Campbell e Madden, (1990).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(x_{i+1} + x_i)/2] * (t_{i+1} - t_i), \quad (E_2)$$

Em que:

x= severidade média da doença ferrugem asiática na parcela experimental;

x<sub>i</sub>= severidade média da doença na parcela experimental no tempo t<sub>i</sub>;

n= número de avaliações;

t= data da avaliação;

(t<sub>i+1</sub>-t<sub>i</sub>)= intervalo de tempo (dias) entre duas avaliações consecutivas.

Segundo Godoy e Canteri (2004), modelos integrais que relacionam danos com variáveis que representem a totalidade de uma epidemia como a AACPD são passíveis de serem utilizados para a cultura da soja.

#### 5.4.5 Avaliação da produtividade

Para avaliação do efeito das tecnologias de pulverização no controle da ferrugem Asiática sobre a produtividade da soja, foi realizada a colheita nas três linhas centrais de cada parcela com 5 metros de comprimento (6,75 m<sup>2</sup>), com auxílio de uma colhedora de parcelas (Wintersteiger Nursery Master Elite A- 4910 Ried/Austria). Após a colheita, fez-se a pesagem dos grãos de soja por meio de uma balança digital e a correção da umidade dos grãos para 13% (b.u.) de acordo com a equação 3 (E<sub>3</sub>). Depois de corrigidos, os valores foram estipulados em kg ha<sup>-1</sup>. Após medida a produtividade mensurou-se o peso de mil grãos (PMG) na umidade de 13% através de balança digital.

$$Pc = \frac{Pb (100 - Ur)}{87} \quad (E_3)$$

Em que:

Pc= Peso corrigido da amostra na umidade de 13%;

Pb= Peso bruto da amostra;

Ur= Umidade da amostra no momento da pesagem

#### 5.4.6 Análise estatística

Os valores médios dos depósitos da pulverização foram analisados no esquema fatorial (5 x 3), cinco tecnologias de aplicação em três partes da planta. Valores médios de severidade da doença representada pela AACPD, PMG e produtividade foram analisados e os resultados submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias dos tratamentos, quando significativa, comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05). O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre AACPD e produtividade da soja.

### 5.5 Experimento 3: Efeito do volume de aplicação e assistência de ar junto à barra na deposição da pulverização e controle da FAS.

#### 5.5.1 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental

Avaliou-se o efeito do volume de aplicação associado com e sem o uso da AA, na capacidade máxima do ventilador, junto à barra de pulverização na deposição da pulverização em plantas de soja. Os ensaios foram conduzidos no delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições, em esquema bifatorial 3 x 2: três volumes de aplicação na presença e ausência (Convencional) da AA junto à barra de pulverização. Cada parcela constou de 8 m de largura por 9 m de comprimento, totalizando 72 m<sup>2</sup>. Os tratamentos e condições operacionais utilizados no ensaio são descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos e condições operacionais para avaliação da deposição e controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Botucatu-SP, 2012.

Trat.	Ponta de pulverização <sup>a</sup>	Pressão na barra (kPa)	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	DMV* (µm)	Assistência de ar
1	XR 110015	300	110	0,61	198	desligada
2	XR 110015	300	110	0,61	198	ligada
3	XR 11002	400	160	0,89	205	desligada
4	XR 11002	400	160	0,89	205	ligada
5	XR 11003	300	210	1,17	241	desligada
6	XR 11003	300	210	1,17	241	ligada

<sup>a</sup>Spraying System do Brasil Ltda.

\*Diâmetro mediano volumétrico de acordo com fabricante.

O pulverizador, a altura de pulverização e a velocidade do conjunto trator-pulverizador foram idênticas aos adotados nos experimentos anteriores (5.4.2). As condições ambientais no momento da pulverização do corante são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Condições ambientais durante as aplicações do corante Azul Brilhante. Botucatu-SP, 2012.

Data	Dias após emergência	Estádio da cultura	UR do ar (%)	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento
02 Fev-10	62	R2	60 ± 5	41 ± 2	2,0 - 4,4	S
02 Fev-11	72	R2	65 ± 5	40 ± 2	2,7 - 4,8	O



A metodologia de avaliação dos depósitos da pulverização em diferentes partes das plantas de soja e as curvas de calibração são as mesmas descritas no item 5.4.3.

Para comparação dos valores de depósitos da pulverização nos diferentes volumes de aplicação utilizados nesse experimento foi adotado a dosagem do corante Azul Brilhante de 165 g ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, os valores de depósitos obtidos pela pulverização da calda na concentração de 1500 mg L<sup>-1</sup> foram ajustados para que a quantidade de corante pulverizada nas parcelas fossem igual a 165g ha<sup>-1</sup>, independente do volume de aplicação utilizado (110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>) e com isso a comparação entre os diferentes volumes de aplicação pôde ser realizada uma vez que a quantidade de corante aplicada em cada uma das parcelas foram iguais.

### 5.5.2 Avaliação do controle da FAS

Os tratamentos utilizados para mensurar o controle da FAS são os mesmos descritos anteriormente (5.5.1) com acréscimo de um tratamento testemunha. Dessa forma, os tratamentos foram distribuídos no esquema bifatorial (3x2) + 1 (testemunha). As avaliações referentes à severidade da FAS e produtividade são as mesmas descritas nos itens 5.4.4 e 5.4.5, respectivamente. As condições ambientais durante as aplicações do fungicidas são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Condições ambientais durante as aplicações do fungicida piraclostrobina associado com epoxiconazole. Botucatu-SP, 2012.

Data	Dias após emergência	Estádio da cultura	UR do ar (%)	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento
01 Fev-10	61	R2	65 ± 5	29 ± 2	1,0 - 2,0	S
10 Fev-10	70	R3	88 ± 5	24 ± 2	3,0 - 6,2	SO
03 Mar-10	98	R5	75 ± 5	23 ± 3	7,4 - 12,0	NO
21 Jan-11	60	R2	68 ± 5	31 ± 2	5,3 - 8,5	NO
17 Fev-11	87	R4	70 ± 5	29 ± 2	2,0 - 6,2	NO

### **5.5.3 Análise estatística**

Os valores dos depósitos da pulverização, após correção dos valores de cada volume de aplicação, foram submetidos à análise de variância no esquema trifatorial 3 x 2 x 3: três volumes de aplicação (110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>) com e sem o uso da AA junto à barra de pulverização em três partes de amostragem nas plantas de soja (inferior, mediana e superior). Os dados de severidade representado pela AACPD, PMG e produtividade foram submetidos à análise de variância no esquema bifatorial (3 x 2) + 1: três volumes de aplicação (110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>) com e sem o uso da AA + testemunha. Quando o teste F da análise de variância indicou significância ( $P \leq 0,05$  ou  $P \leq 0,01$ ) as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ). O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre AACPD e produtividade da soja.

## **5.6 Experimento 4: Efeito do volume de aplicação e surfatante siliconado na deposição da pulverização e controle da FAS**

### **5.6.1 Quantificação dos depósitos da pulverização e delineamento experimental**

Avaliou-se o efeito do volume da calda associado com e sem o uso do surfatante siliconado Silwet L-77 AG (Momentive performance materials indústria de silicones ltda.) na deposição da pulverização em plantas de soja. Utilizou-se o surfatante siliconado na dosagem de 100 mL 100 L<sup>-1</sup> de calda (calda fungicida ou corante). Os ensaios foram conduzidos no delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições, em esquema bifatorial 3 x 2: três volumes de aplicação com e sem surfatante siliconado. Cada parcela constou de 8 x 9 m (largura x comprimento), totalizando 72 m<sup>2</sup>. Os tratamentos e as condições operacionais são descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Descrição dos tratamentos e condições operacionais para avaliação da deposição e controle da FAS.

Trat.	Ponta de pulverização <sup>a</sup>	Pressão na barra(kPa)	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	DMV* (µm)	Surfatante
1	XR 8001	200	60	0,33	190	sem
2	XR 80001	200	60	0,33	190	com
3	XR 8015	300	110	0,61	198	sem
4	XR 8015	300	110	0,61	198	com
5	XR 8002	400	160	0,89	205	sem
6	XR 8002	400	160	0,89	205	com

<sup>a</sup>Spraying System do Brasil Ltda.

\*Diâmetro mediano volumétrico de acordo com fabricante.

O pulverizador utilizado nos experimentos foi o Advance Vortex 2000, operando nas mesmas condições operacionais do item 5.4.2, porém todas as parcelas receberam aplicações com a AA ligada na sua capacidade máxima. As condições ambientais no momento da pulverização do corante também foram monitoradas (Tabela 8).

Tabela 8. Condições ambientais durante as aplicações do corante Azul Brilhante. Botucatu-SP, 2012.

Data	Dias após emergência	Estádio da cultura	UR do ar (%)	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento
02 Fev-10	62	R2	57 ± 5	32 ± 2	2,0 - 4,0	S
02 Fev-11	72	R2	67 ± 5	30 ± 2	2,5 - 5,2	O

A metodologia de avaliação dos depósitos da pulverização nas diferentes partes das plantas de soja e as curvas de calibração são as mesmas descritas no item 5.4.3. Como no experimento 3, os dados de depósito foram ajustados para que a quantidade de corante pulverizada nas parcelas fossem igual a 165g ha<sup>-1</sup>, independente do volume de aplicação utilizado (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>) e com isso a comparação entre os diferentes volumes de aplicação pôde ser realizada.

### 5.6.2 Avaliação do controle da FAS

Os tratamentos utilizados para mensurar o controle da FAS são os mesmos descritos anteriormente (5.6.1) com acréscimo de um tratamento testemunha. Dessa forma, o delineamento experimental ficou representado pelo bifatorial (3x2) + 1 (testemunha). As avaliações referentes à severidade da FAS e produtividade são as mesmas descritas nos itens 5.4.4 e 5.4.5 respectivamente. São descritos na Tabela 9 as condições ambientais durante as aplicações de fungicida.

Tabela 9. Condições ambientais durante as aplicações do fungicida piraclostrobina associado com epoxiconazole. Botucatu-SP, 2012.

Data	Dias após emergência	Estádio da cultura	UR do ar (%)	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (km h <sup>-1</sup> )	Direção do vento
01 Fev-10	61	R2	60 ± 5	31 ± 2	2,0 - 4,5	S
10 Fev-10	70	R3	83 ± 5	26 ± 2	2,0 - 5,0	SO
03 Mar-10	98	R5	70 ± 5	26 ± 3	7,0 - 11,0	NO
21 Jan-11	60	R2	57 ± 5	31 ± 2	2,4 - 7,8	NO
17 Fev-11	87	R4	62 ± 5	30 ± 2	1,0 - 3,5	NO

### 5.6.3 Análise estatística

Os valores dos depósitos da pulverização, após correção dos valores de cada volume de aplicação, foram submetidos à análise de variância no esquema trifatorial 3 x 2 x 3: três volumes de aplicação (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>) com e sem surfatante em três partes de amostragem nas plantas de soja (inferior, mediana e superior). Os dados de severidade representado pela AACPD, PMG e produtividade foram submetidos à análise de variância no esquema bifatorial (3 x 2) + 1: três volumes de aplicação (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>) com e sem o uso de surfatante + testemunha. Quando o teste F da análise de variância indicou significância ( $P \leq 0,05$  ou  $P \leq 0,01$ ) as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ). O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre AACPD e produtividade da soja.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Experimento 1: Viabilidade do dispositivo *Canopy opener* na deposição da pulverização nas folhas de soja em ambiente controlado

Não foram observadas queda de flores e nenhum tipo de dano nas plantas de soja quando o dispositivo *CO* acoplado na barra pulverizadora passou pelas plantas de soja nas alturas de 0,1 e 0,2 m e velocidades de deslocamento de 5 e 9 km h<sup>-1</sup>.

A curva de calibração com as concentrações crescentes do corante Azul Brilhante, com a respectiva equação linear ajustada é apresentada na Figura 9.

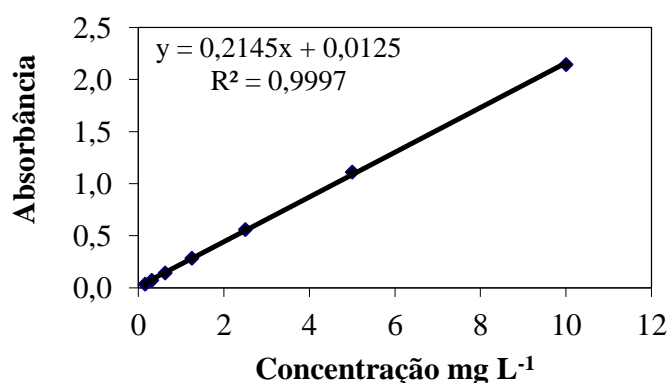


Figura 9. Curva de calibração com as concentrações crescentes do marcador Azul Brilhante. Botucatu-SP, 2012.

Resultados da análise de variância dos valores médios de depósitos da pulverização em ambiente controlado nas folhas em duas partes das plantas de soja (superior e inferior) são apresentados na Tabela 10. Os depósitos da pulverização na parte superior ( $P \leq 0,05$ ) e na inferior ( $P \leq 0,01$ ) das plantas apresentaram diferenças significativas entre as diferentes tecnologias estudadas (Tabela 10).

Tabela 10. Resultado da análise de variância dos depósitos da pulverização nas folhas em duas partes das plantas de soja. Botucatu-SP, 2012.

<b>Parte da planta</b>	<b>DMS</b>	<b>CV(%)</b>	<b>F(bloco)</b>	<b>F(tratamento)</b>
Superior	0,2056	40,2	0,36 <sup>ns</sup>	15,62**
Inferior	0,0456	54,8	2,3 <sup>ns</sup>	4,18*

\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Os valores médios dos depósitos da pulverização nas partes superior e inferior das plantas de soja para os tratamentos utilizando o dispositivo *CO* operando na profundidade de 0,20 m, *CO* operando a 0,10 m e a pulverização realizada de modo convencional (sem *CO*) são apresentados na Figura 10.

Na parte superior das plantas foram observados maiores valores médios de depósitos no tratamento pulverizado de forma convencional, diferindo significativamente dos demais tratamentos. O tratamento convencional apresentou quase três vezes mais depósitos nas folhas da parte superior das plantas quando comparado aos tratamentos onde utilizou *CO* (Figura 10).

Já na parte inferior das plantas, maiores níveis dos depósitos da pulverização foram obtidos nos tratamentos com o dispositivo *CO*. Destaca-se o tratamento com *CO* operando a 0,20 m de profundidade em relação ao topo das plantas, o qual diferiu do tratamento convencional, porém não diferiu significativamente do tratamento com *CO* a 0,10 m. O tratamento com *CO* a 0,20 m apresentou valores médios de depósitos 2,8 vezes maior comparado com o sistema convencional de pulverização na parte inferior das plantas (Figura 10).

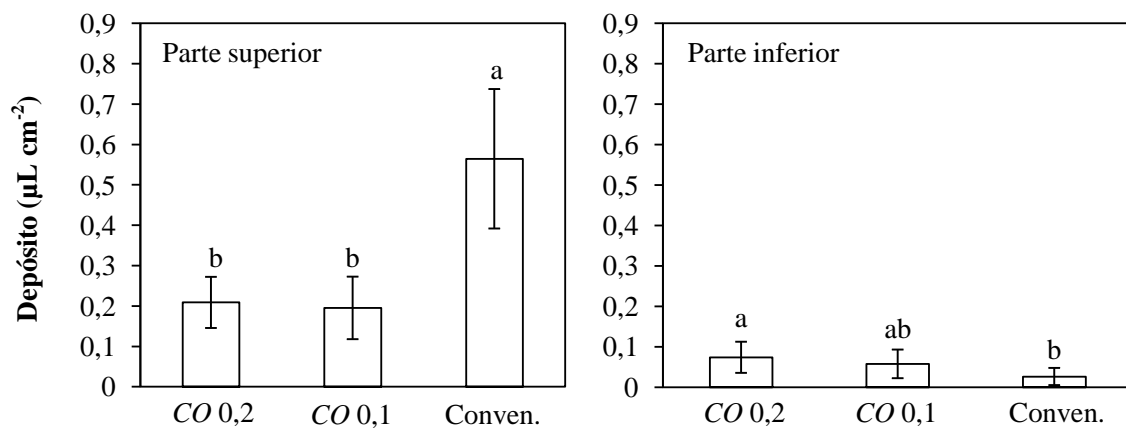


Figura 10. Valores médios dos depósitos da pulverização do corante Azul Brilhante em duas partes de amostragem das plantas de soja (superior e inferior) (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Depósitos com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Resultados semelhantes aos obtidos nesse experimento foram encontrados por Ozkan et al. (2006). Esses autores estudando diferentes equipamentos de pulverização visando o controle da FAS observaram maiores porcentagens de cobertura nas folhas da parte mediana e inferior das plantas de soja quando a pulverização foi realizada com auxílio do dispositivo *CO* comparado com a pulverização convencional.

A razão entre os valores médios dos depósitos retidos na parte superior e inferior do dossel da cultura foram de 2,72; 3,39 e 21,54 respectivamente para os tratamentos *CO* a 0,20 m; *CO* a 0,10 m e convencional. Cunha et al. (2011), estudando a distribuição da calda em aplicação terrestre com diferentes pontas de pulverização obtiveram deposição média na parte superior das plantas de soja (ER R4) 3,9 vezes maior comparado à obtida na parte inferior. Farinha et al. (2009) relataram depósitos da região apical quase três vezes superiores aos da região basal em soja no ER R1. A alta razão entre os valores dos depósitos verificada pela pulverização convencional pode estar relacionada à ausência total de vento durante as pulverizações dificultando a movimentação das gotas ao longo do dossel da cultura (Dados não apresentados).

Ao comparar os valores médios dos depósitos nas folhas da parte superior e inferior das plantas de soja, observa-se que grande parte dos depósitos ficou retida

nas folhas da parte superior das plantas quando a pulverização foi realizada de modo convencional e pequena quantidade de depósito ficou retida nas folhas da parte inferior. Essa pequena quantidade de depósito nas folhas da parte inferior deve-se ao grande índice de massa foliar das plantas de soja o qual ofereceu uma barreira contra a transposição das gotas para a parte inferior das plantas.

O dispositivo *CO* contribuiu no aumento dos depósitos da pulverização nas folhas da parte inferior das plantas devido ao rompimento da barreira, através da deflexão das plantas, imposta pelas folhas da parte superior, permitindo o alcance das gotas nas folhas das partes mediana e inferior. O aumento da deposição nas folhas da parte inferior das plantas de soja pode contribuir em melhorias no controle de doenças que iniciam nessa região da planta como a FAS (*P. pachyrhizi*) e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

## 6.2 Experimento 2: Comparação de tecnologias de pulverização terrestre sobre os depósitos, severidade da FAS e produtividade da soja

As curvas de calibração, com as respectivas equações lineares ajustadas são apresentadas na Figura 11.

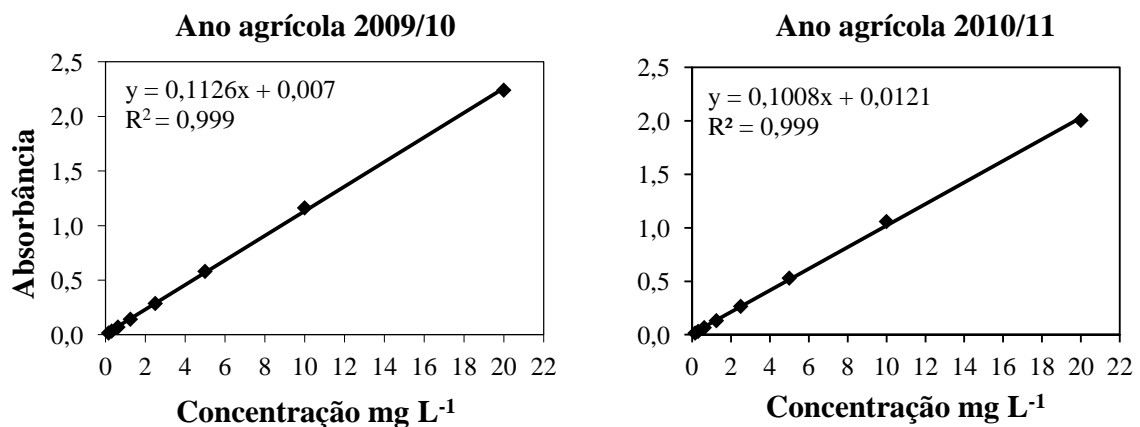


Figura 11. Curva de calibração com as concentrações crescentes do marcador Azul Brillante.

Botucatu-SP, 2012.



Resultados da análise de variância dos valores médios dos depósitos da pulverização de cinco tecnologias de aplicação em três partes da planta de soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 estão apresentados na Tabela 11. O teste F foi significativo ( $P \leq 0,01$ ) para as variáveis partes da planta; partes da planta x tecnologias de aplicação e não significativo para tecnologias de aplicação no ano agrícola 2009/10. No ano agrícola 2010/11 foi observada diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) somente para partes da planta (Tabela 11).

Tabela 11. Resultado da análise de variância dos depósitos da pulverização em função de diferentes tecnologias de aplicação e partes da planta de soja. Botucatu-SP, 2012.

Causa de variação	Valores de F	
	Ano agrícola 2009/10	Ano agrícola 2010/11
Tecnologias	0,84 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
Partes da planta	69,32**	58,31**
Tecnologias x partes da planta	4,19**	1,90 <sup>ns</sup>
CV(%)	26.51	47.8

\*\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Os valores médios dos depósitos da pulverização nas partes superior, média e inferior das plantas de soja para a pulverização com AA (T1); *Canopy opener* (CO) a 0,10 m (T2); CO a 0,10 m + AA (T3); CO a 0,2 m (T4); CO a 0,2 m + AA (T5) são apresentados na Tabela 12. Não houve diferença significativa entre tecnologias de aplicação sobre os depósitos da pulverização na parte superior e inferior da cultura no ano agrícola 2009/10. Maiores médias de depósitos foram encontradas na posição média no tratamento T2 diferindo significativamente dos tratamentos T1 e T5 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 5,9$ ), porém não diferiram dos tratamentos T3 e T4 no ano agrícola 2009/10.

Diferenças significativas foram observadas entre os depósitos da pulverização nas três partes da planta em todos os tratamentos. No tratamento T1 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 32,2$ ), T4 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 18,7$ ) e T5 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 14,6$ ) os depósitos na parte superior diferiram significativamente daqueles nas partes mediana e inferior. No tratamento T2 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 12,5$ ) e T3 ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 5,9$ ) os depósitos da parte superior não diferiram significativamente daqueles da parte mediana, porém ambos diferiram dos obtidos na parte inferior. Valores médios de depósitos nas três partes da planta comparando as diferentes tecnologias não apresentaram diferenças significativas. Valores médios dos depósitos entre as médias das

tecnologias foram significativamente maiores na parte superior das plantas seguidas pela parte mediana e inferior (Tabela 12, ano agrícola 2009/10).

No ano agrícola 2010/11 foram encontradas diferenças significativas apenas nas médias das tecnologias para diferentes partes da planta e que maiores depósitos foram encontrados na parte superior diferindo significativamente daqueles obtidos nas partes mediana e inferior. Os valores médios de depósitos das partes medianas e inferiores não diferiram entre si no ano agrícola 2010/11 (Tabela 12).

No ano agrícola 2009/10 foram registrados maiores valores médios de depósitos da pulverização nas partes mediana (55%) e inferior (37%) e menores valores na parte superior das plantas de soja quando comparado aos valores obtidos no ano agrícola 2010/11. Menores depósitos na parte superior e maiores depósitos na parte mediana e inferior no ano agrícola 2009/10 em relação a 2010/11 podem estar relacionados à diferente arquitetura das plantas de soja nos dois anos agrícolas. A cultivar BRS Valiosa (ano agrícola 2010/11) apresentou, visualmente, maior índice de massa foliar além do porte mais elevado em comparação a cultivar FTS Campo Mourão (ano agrícola 2009/10).

Volumes maiores de pulverização capturados pelas folhas da parte mediana e inferior provavelmente estão relacionados ao menor porte das plantas de soja (FTS Campo Mourão ano agrícola 2009/10) com altura média de 1,0 m. No ano agrícola 2010/11 as plantas de soja (BRS Valiosa RR) apresentaram altura média de 1,40 m dificultando a penetração das gotas no dossel da cultura.

Zhu et al. (2008b) desenvolvendo o dispositivo *CO* para obtenção de melhores valores de depósito no terço inferior das plantas de soja observaram melhores resultados de cobertura da pulverização nas folhas da parte mediana e inferior das plantas de soja (altura média de 1,06 m) quando utilizou-se o dispositivo *CO* nas profundidades compreendidas entre 0,075 e 0,15 m e no comprimento de 0,25 m. Nesse trabalho, quando as plantas apresentaram altura média de 1,0 m as profundidades de 0,10 m (T2 e T3 ano agrícola 2009/10) apresentaram valores médios de depósitos da pulverização quase três vezes superiores aos obtidos com os mesmos tratamentos no ano agrícola 2010/11, ocasião em que as plantas apresentaram altura média de 1,40 m (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) nos tratamentos: T1: assistência de ar (AA); T2: *Canopy Opener (CO)* 0,1 m; T3: *CO* 0,1 m + AA; T4: *CO* 0,2 m e T5: *CO* 0,2 m + AA em três partes da planta (superior, médio e inferior. Botucatu-SP, 2012.

Parte da planta	Tecnologias de aplicação					Média
	T1	T2	T3	T4	T5	
<b>Ano agrícola 2009/10</b>						
<b>Superior</b>	0,4718 A	0,3575 A	0,3508 A	0,4594 A	0,3989 A	0,4077 A
<b>Mediana</b>	0,1227 B c	0,3323 A a	0,2943 A ab	0,2077 B abc	0,1825 B bc	0,2279 B
<b>Inferior</b>	0,1346 B	0,1324 B	0,1634 B	0,1892 B	0,1554 B	0,1550 C
<b>Média</b>	0,2431	0,2741	0,2695	0,2854	0,2456	
<b>Ano agrícola 2010/11</b>						
<b>Superior</b>	0,6343	0,4917	0,4904	0,2958	0,4577	0,4740 A
<b>Mediana</b>	0,1290	0,1270	0,1015	0,2073	0,1691	0,1468 B
<b>Inferior</b>	0,1276	0,1014	0,1268	0,1001	0,1088	0,1129 B
<b>Média<sup>ns</sup></b>	0,2969	0,2400	0,2396	0,2011	0,2452	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

DMS para partes de amostragem: 0,1200 (ano agrícola 2009/10)

DMS para tecnologia de aplicação: 0,1408 (ano agrícola 2009/10)

DMS para média de partes de amostragem: 0,0536 (ano agrícola 2009/10)

DMS para média de partes de amostragem: 0,0897 (ano agrícola 2010/11)

Barbosa et al. (2009) obtiveram depósitos médios da pulverização em plantas de soja com altura média de 0,68 m, utilizando a ponta de pulverização TJ60-11002 e volume de 140 L ha<sup>-1</sup> de 0,8485; 0,4316 e 0,1082  $\mu\text{L cm}^{-2}$  respectivamente na parte superior, média e inferior. Tomando como referência as médias dos depósitos nas diferentes partes da planta nesse ensaio, pode-se observar valores médios de 0,4077; 0,2279 e 0,1550  $\mu\text{L cm}^{-2}$  respectivamente nas partes superior, mediana e inferior para o ano agrícola 2009/10 (altura média das plantas de 0,95 m) e valores médios de depósitos de 0,4740; 0,1468 e 0,1129  $\mu\text{L cm}^{-2}$  respectivamente nas partes superior, média e inferior para o ano agrícola 2010/11 (altura média das plantas de 1,4 m). Nesses ensaios constatou-se que alto índice de área foliar associado com porte elevado das plantas pode influenciar na quantidade do volume distribuído no dossel da cultura.

No geral, a utilização de *CO* acoplado à barra de pulverização proporcionou níveis de depósitos nas partes mediana e inferior das plantas de soja, quando não superior, semelhantes aos depósitos obtidos com a pulverização realizada com auxílio da AA junto à barra de pulverização. Zhu et al. (2008b) observaram maiores valores de depósitos na

parte inferior das plantas (1,06 m de altura) de soja quando a pulverização foi realizada com o AA de ar e resultados semelhantes de deposição da pulverização na região mediana comparado com a pulverização utilizando o artefato *CO* operando na profundidade de 0,15 m e comprimento de 0,25 m.

Derksen et al. (2008), estudando diferentes tecnologias de aplicação na deposição da pulverização em soja, verificaram valores maiores de depósitos nas folhas da parte mediana das plantas quando a pulverização foi realizada com o dispositivo *CO* utilizando a ponta XR 8004 (gotas de tamanho médio) comparados aos depósitos obtidos com a pulverização assistida por ar junto à barra de pulverização com a ponta de pulverização de jato cônico vazio JA 3 (gotas finas) no mesmo volume de 145 L ha<sup>-1</sup>.

Ozkan et al. (2006), avaliando diferentes equipamentos de aplicação de fungicidas na cobertura da pulverização, observaram que a utilização de *CO* (operando na profundidade de 0,26 m e comprimento de 0,25 m em relação as pontas de pulverização) apresentaram resultados semelhantes aos tratamentos onde a aplicação foi realizada com AA e que *CO* apresentou melhor desempenho quando comparado à pulverização realizada de modo convencional.

Os resultados da análise de variância para valores médios da AACPD, PMG e produtividade nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Tabela 13. Os valores para todas as variáveis estudadas foram significativas pelo teste F ( $P \leq 0,01$ ) nos dois anos agrícolas (Tabela 13).

Tabela 13. Resultado da análise de variância para os AACPD, PMG e produtividade da soja. Botucatu-SP, 2012.

Ano agrícola	DMS	CV(%)	AACPD	
			F(bloco)	F(tratamento)
2009/10	185,8	16,81	4,13*	163,68**
2010/11	456,1	17,27	2,68 <sup>ns</sup>	13,55**
PMG				
2009/10	8,8	2,62	7,06**	31,50**
2010/11	25,12	7,66	0,69 <sup>ns</sup>	5,53**
Produtividade				
2009/10	513,6	7,02	1,16 <sup>ns</sup>	16,58**
2010/11	570,9	10,69	2,12 <sup>ns</sup>	5,13**

\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Pode-se verificar na Figura 12 grande diferença na AACPD entre os dois anos agrícolas. Essa diferença pode ser explicada pelo número de aplicações realizadas nos dois anos agrícolas da cultura. No ano agrícola 2009/10 foram realizadas três aplicações enquanto que no ano seguinte foram feitas duas aplicações de fungicida. A não realização da terceira aplicação de fungicida no ano agrícola 2010/11 se deveu às condições ambientais com semanas seguidas de chuvas, que impossibilitaram a entrada e deslocamento do pulverizador na área experimental.

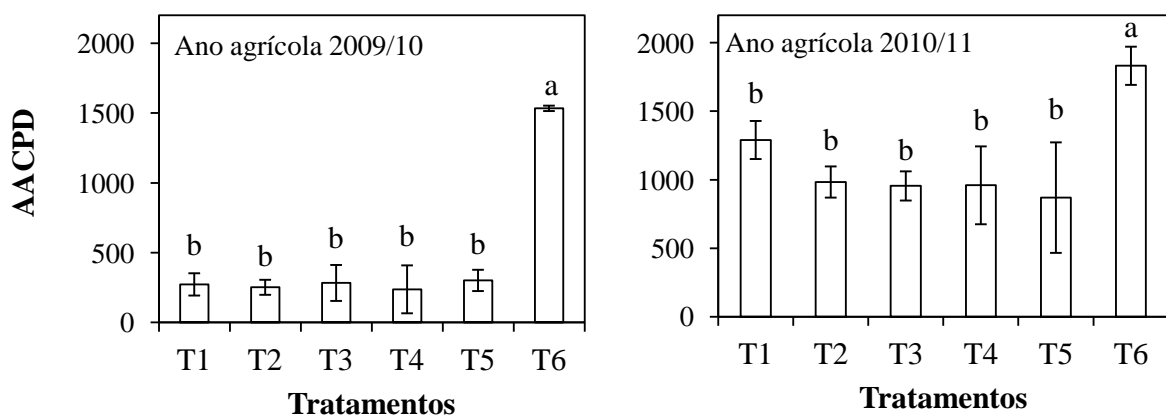


Figura 12. Comparação da severidade média por *P. pachyrhizi*, representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais) entre T1: assistência de ar (AA); T2: *Canopy opener* (CO) 0,1 m; T3: CO 0,1 m + AA; T4: CO 0,2 m; T5: CO 0,2 m + AA e T6: testemunha. AACPD com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Outro fator relacionado com a severidade da doença pode estar associado ao grau de suscetibilidade da soja, onde a cultivar FTS Campo Mourão, nesse estudo, aparentemente apresentou ser mais tolerante à FAS quando comparado com a cultivar BRS Valiosa, embora não se possa afirmar, pois as culturas foram conduzidas em diferentes anos agrícolas.

Nos dois anos agrícolas, todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida, independente da tecnologia de aplicação adotada, diferiram significativamente do tratamento controle. Embora fossem observados menores valores médios de AACPD para

os tratamentos em que a aplicação foi realizada com *CO*, essas diferenças não foram suficientes para diferir significativamente do tratamento com o uso da *AA* junto à barra de pulverização devido ao alto desvio padrão da média (Figura 12).

Com relação ao PMG todos os tratamentos que receberam aplicações de fungicida diferiram significativamente do tratamento T6 (testemunha) no ano agrícola 2009/10. No ano agrícola 2010/11 os tratamentos T2, T4 e T5 diferenciaram significativamente do tratamento T6. Os tratamentos T1 e T4 não diferenciaram significativamente dos tratamentos T2, T4, T5 e T6 (Figura 13). Os tratamentos apresentaram PMG semelhantes quando comparado os dois anos agrícolas. No geral, tratamentos que receberam aplicações de fungicidas proporcionaram maiores PMG quando comparado ao tratamento testemunha (T6). Barbosa et al. (2010), estudando qualidade da semente de soja, observaram que as maiores sementes apresentaram os maiores PMG. Ainda, de acordo com esses autores, as sementes de maior tamanho apresentaram maior porcentagem de emergência de plântulas em campo e semente de menor tamanho os menores índices de velocidade de emergência de plântula.

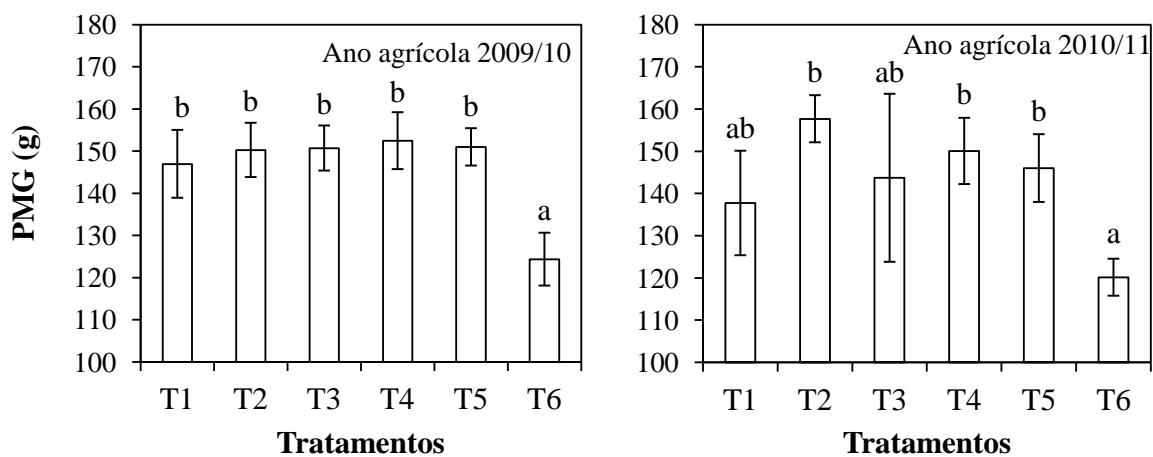


Figura 13. Comparação dos valores do PMG (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais) entre T1: assistência de ar (*AA*); T2: *Canopy opener* (*CO*) 0,1 m; T3: *CO* 0,1 m + *AA*; T4: *CO* 0,2 m; T5: *CO* 0,2 m + *AA* e T6: testemunha. PMG com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Pela Figura 13, verifica-se que a FAS influencia significativamente na diminuição do PMG. Resultados semelhantes com os obtidos nesse estudo foram registrados por Prado et al. (2010a); Christovam et al. (2010a,c); Aguiar Júnior et al. (2011), onde esses autores observaram maiores valores de PMG nos tratamentos onde realizou-se o controle da ferrugem Asiática comparado ao tratamento testemunha.

Os valores médios de produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Figura 14. Não houve diferença entre os valores médios de produtividade entre os tratamentos que receberam pulverização de fungicida, independente da tecnologia de aplicação empregada, nos dois anos agrícolas estudados. Todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida, independente da tecnologia adotada, apresentaram médias de produtividade superiores ao do tratamento testemunha nos dois anos agrícolas.

A pulverização realizada com o dispositivo *CO* acoplado à barra de pulverização apresentou produtividades equivalentes à pulverização realizada com AA junto à barra de pulverização nos dois anos agrícolas. O dispositivo *CO* apresentou, nesses estudos, equivalência de controle da ferrugem Asiática comparável com a pulverização realizada com auxílio da AA.

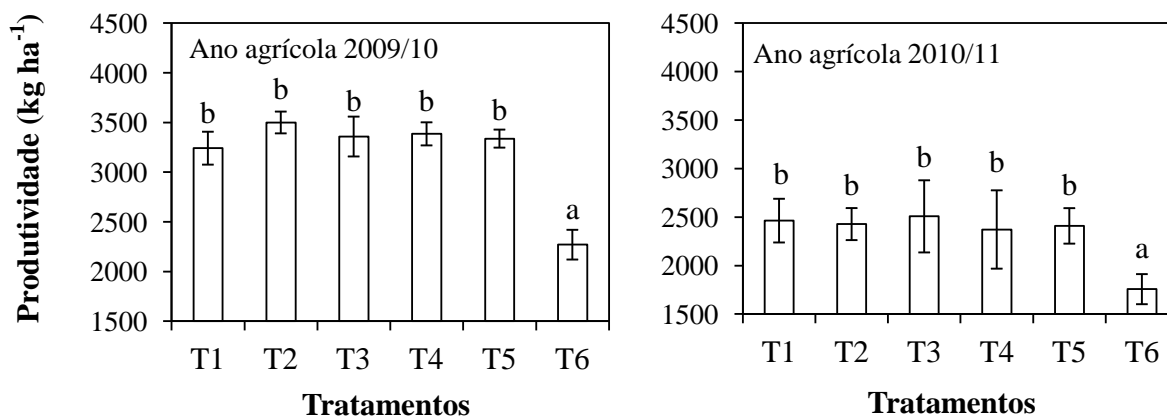


Figura 14. Comparação dos valores médios de produtividade (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais) entre T1: assistência de ar (AA); T2: *Canopy opener* (CO) 0,1 m; T3: CO 0,1 m + AA; T4: CO 0,2 m; T5: CO 0,2 m + AA e T6: testemunha. Produtividade com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Correlações negativas significativas entre produtividade e AACPD ocorreram nos dois anos agrícolas ( $P \leq 0,01$ ). Observou-se alta correlação no ano agrícola 2009/10 ( $y = 3596,6 - 0,86x$ ;  $r = -0,90$ ;  $F = 95,4$ ) e correlação negativa moderada no ano agrícola 2010/11 ( $y = 2995,2 - 0,59x$ ;  $r = -0,65$ ;  $F = 16,1$ ), conforme apresentado na Figura 15. Correlação negativa entre severidade da FAS, representada pelos valores de AACPD, e produtividade foram reportados por Prado et al. (2010a) e Twizeyimana et al. (2011). Mueller et al. (2009), estudando o efeito e a época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem Asiática e produtividade da soja nos Estados Unidos da América (2 ensaios), Paraguai (4 ensaios) e Zimbábue (1 ensaio), observaram correlações negativas significativas entre AACPD e produtividade em todos os ensaios conduzidos.

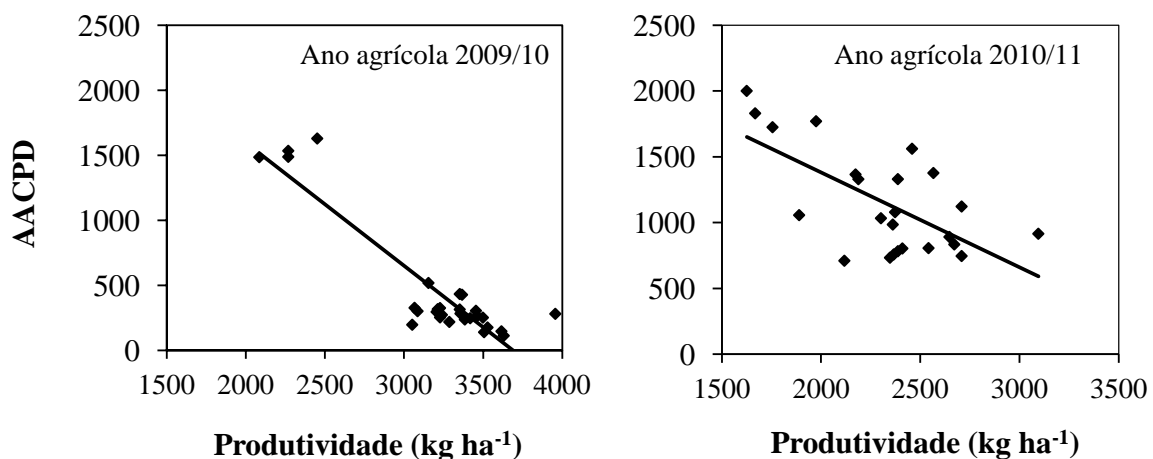


Figura 15. Correlação entre a severidade da ferrugem Asiática representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade da soja. Botucatu-SP, 2012.

No ano agrícola 2009/10 foram observados menores valores de AACPD e, conseqüentemente, encontrados valores maiores de produtividade. Resultados obtidos nesse trabalho e pelos pesquisadores citados anteriormente mostram a grande importância da realização do tratamento fitossanitário da cultura da soja visando à redução da severidade da ferrugem Asiática uma vez que a doença reduz significativamente a produção da cultura.

Nesse contexto a tecnologia de aplicação de fungicidas visando o



controle da FAS é uma das ferramentas de grande importância uma vez que não existem, atualmente, cultivares totalmente resistentes ao fungo *P. pachyrhizi*. O dispositivo *CO* apresentou resultados satisfatórios na deposição da calda, AACPD e produtividade na cultura da soja com eficiência equivalente à pulverização realizada com auxílio da AA junto à barra de pulverização. A associação entre *CO* e AA não apresentou sinergismo em nenhuma das variáveis estudadas.

Novos ensaios buscando o aprimoramento do dispositivo *CO* devem ser realizados uma vez que os estudos conduzidos nesse trabalho foram restritos somente a um dos segmentos da barra de pulverização. A utilização do dispositivo *CO* em toda a extensão da barra de pulverização pode ocasionar danos a cultura da soja, embora não verificados nesse ensaio, pois a barra tubular opera dentro do dossel da cultura. Oscilações na barra de pulverização são frequentes, principalmente em pulverizadores com barras de grande extensão e em áreas onde a superfície apresenta irregularidades.

Outro ponto importante a ser considerado é a profundidade de operação da barra tubular. Quando a barra tubular operou na profundidade de 0,10 m não proporcionou aumento da deposição nas folhas das partes mediana e inferior das plantas de soja com altura média de 1,40 m. Já quando a profundidade foi de 0,20 m foram observados maiores valores de depósitos nas folhas da parte mediana. Novos estudos devem ser realizados com cultivares de diferentes hábitos de crescimento, uma vez que a altura da planta influencia nos depósitos da pulverização quando utilizado esse equipamento. Possivelmente profundidades de operação da barra tubular superiores a 0,20 m podem surtir efeito positivo nos depósitos da pulverização nas folhas da parte mediana e inferior das plantas com porte mais elevado.

Futuros estudos referentes aos problemas citados anteriormente devem ser realizados para que essa tecnologia possa ser disponível aos produtores de soja sendo uma ferramenta complementar ao manejo fitossanitário da ferrugem Asiática.

### **6.3 Experimento 3: Efeito do volume de aplicação e assistência de ar junto à barra na deposição da pulverização e controle da FAS**

Os resultados da análise de variância dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) da variável volume de aplicação (110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>), tecnologia (pulverização

convencional e com AA junto à barra de pulverização) e partes de amostragem (superior, mediana e inferior) nas plantas de soja são apresentados na Tabela 14.

Diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) foram observadas nos dois anos agrícolas para variável parte de amostragem nas plantas de soja. A variável volume de aplicação e tecnologia não apresentou diferença significativa em ambos os anos agrícolas estudados. Diferenças significativas foram observadas somente para a interação tecnologia de aplicação e parte de amostragem da planta ( $P \leq 0,01$ ) no ano agrícola 2009/10 (Tabela 14).

Tabela 14. Resultado da análise de variância dos depósitos da pulverização em função do volume de aplicação (110, 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>), tecnologia (com e sem o uso da assistência de ar) e partes de amostragem (superior, mediana e inferior) nas plantas de soja. Botucatu-SP, 2012.

Causa de Variação	Valores de F	
	Ano agrícola 2009/10	Ano agrícola 2010/11
Volume (V)	2,53 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
Tecnologia (T)	2,52 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Parte de amostragem (P)	220,99**	53,71**
V x T	0,72 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
V x P	0,65 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
T x P	6,22**	0,41 <sup>ns</sup>
V x T x P	1,42 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>
CV(%)	30,98	64,97

\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Como observado nessa pesquisa, o aumento do volume de aplicação de 110 para 210 L ha<sup>-1</sup> não proporcionou acréscimo nos valores de depósito nas plantas de soja nos dois anos agrícolas, corroborando com os resultados obtidos por Cunha et al. (2006), os quais não observaram diferença de depósitos da pulverização em plantas de soja quando empregou-se os volumes de 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>. Barbosa et al. (2009) estudando os depósitos da pulverização em plantas de soja com grande massa foliar aplicando diferentes volumes não observaram diferença significativa entre os depósitos da pulverização quando foram aplicados os volumes de 140 e 93,4 L ha<sup>-1</sup>.

Diferenças significativas entre valores dos depósitos da pulverização foram encontradas no ano agrícola 2009/10 para as folhas da parte inferior, média e superior

das plantas (FTS Campo Mourão RR). Já no ano agrícola 2010/11, os depósitos das folhas da parte inferior não diferiram daqueles na parte mediana, porém em ambas as partes foram significativamente menores aos depósitos da parte superior das plantas (BRS Valiosa RR). (Figura 16).

Observa-se na Figura 16 que grande parte das gotas da pulverização depositou nas folhas da parte superior das plantas. Os valores médios dos depósitos nas folhas da parte superior foram aproximadamente 3,0 e 7,8 vezes maiores comparados aos valores médios de depósitos das partes mediana e inferior das plantas de soja. Cunha et al. (2011), avaliando os depósitos da pulverização em plantas de soja, observaram pequenas quantidades de depósitos da pulverização capturados pela folhas da parte inferior das plantas. Os autores mencionaram a necessidade de técnicas que proporcionem incremento da deposição nas folhas dessa parte da planta.

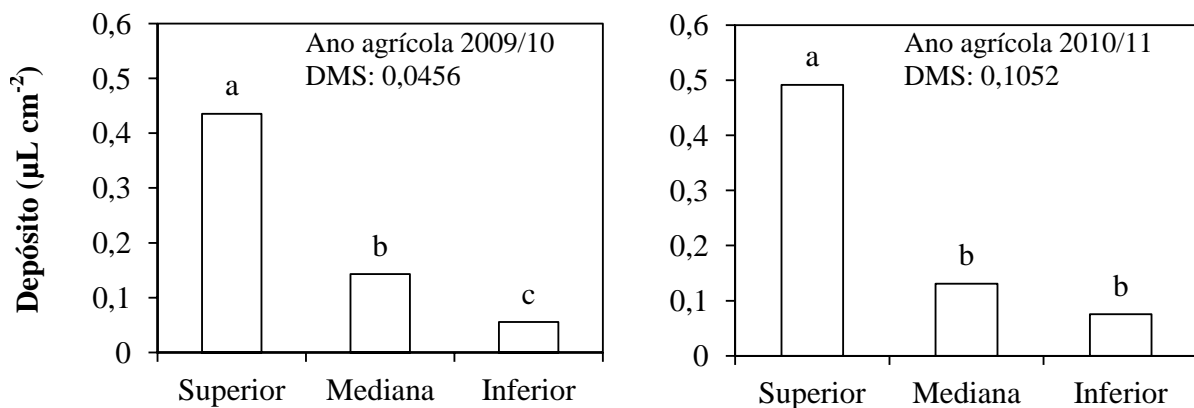


Figura 16. Valores médios dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) nos volumes de 110, 160 e 210 L  $\text{ha}^{-1}$  nas folhas da parte superior, mediana e inferior das plantas de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

A pulverização realizada com AA junto à barra de pulverização não diferiu significativamente da pulverização realizada de modo convencional em nenhum dos anos agrícolas contrariando os resultados obtidos por Bauer e Raetano (2000); Oskan et al. (2006); Zhu et al. (2008b); Prado et al. (2010a) que obtiveram melhores resultados de

depósitos da pulverização nas folhas da parte mediana e inferior das plantas de soja quando essas receberam aplicação com pulverizador assistido por ar junto à barra de pulverização.

Resultados obtidos nesse trabalho referentes ao uso da AA corroboram com os resultados obtidos por Derksen et al. (2008) que não observaram diferenças de depósitos da pulverização entre a pulverização realizada com o uso da AA comparada com a pulverização convencional (sem AA) em nenhum dos dois anos agrícolas estudados.

Christovam et al. (2010a), estudando diferentes técnicas de aplicação na deposição e controle da FAS, não observaram diferenças significativas nos depósitos da pulverização na parte inferior das plantas, tanto na superfície adaxial quanto na abaxial das folhas entre a pulverização realizada com AA junto à barra de pulverização e a pulverização realizada de modo convencional, utilizando o mesmo pulverizador e mesma velocidade do fluxo de ar utilizado nesse estudo. Porém os mesmos autores observaram acréscimo de depósitos nas folhas da parte inferior das plantas (superfície abaxial e adaxial) duas vezes maiores quando a barra de pulverização trabalhou com angulação de 30° em relação à vertical no sentido do deslocamento do pulverizador comparado com a pulverização feita com AA de ar ligada e posicionada verticalmente em relação à cultura (ângulo de 0°) nas mesmas condições operacionais.

O desdobramento dos valores médios dos depósitos para a variável tecnologia x parte da planta no ano agrícola 2009/10 está apresentado na Tabela 15. As folhas da parte superior das plantas de soja capturaram maiores depósitos tanto na pulverização realizada de modo convencional ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 56,3$ ) quanto na pulverização com o uso da AA junto à barra de pulverização ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 24,74$ ), diferindo significativamente dos depósitos nas folhas das partes mediana e inferior. Os depósitos da parte mediana não diferiram significativamente da parte inferior tanto no tratamento convencional como no tratamento onde utilizou AA (Tabela 15).

Diferenças significativas comparando as duas tecnologias foram encontradas somente nos depósitos das folhas da parte superior ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 8,39$ ). A pulverização realizada de modo convencional proporcionou maiores médias de depósitos quando comparado com a pulverização realizada com o uso AA junto à barra de pulverização. Menores depósitos nas folhas da parte superior quando utilizou AA pode estar relacionado com o fluxo de ar gerado pelo ventilador carregando as gotas da pulverização para o interior

do dossel da cultura, porém não foi encontrado aumento significativo de depósitos nas partes medianas e inferior (Tabela 15). Resultados contraditórios aos observados nesse trabalho foram encontrados por Christovam et al. (2010b), onde esses autores observaram maiores depósitos nas folhas da parte superior das plantas quando a pulverização foi realizada com o uso da AA.

Tabela 15. Desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização para a interação tecnologia (convencional e AA) e partes de amostragem da planta no ano agrícola 2009/10. Botucatu-SP, 2012.

Partes da planta	Tecnologias	
	Convencional	Assistência de ar
	$\mu\text{L cm}^{-2}$	
Superior	0,4857 A a	0,3844 A b
Mediana	0,1381 B a	0,1479 B a
Inferior	0,0468 C a	0,0648 C a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). DMS (coluna): 0,0645; DMS (linha): 0,0537

Os resultados da análise de variância para valores médios da AACPD, PMG e produtividade da soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Resultado da análise de variância para os valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), peso de mil grãos (PMG) e produtividade da soja. Botucatu-SP, 2012.

Causa de variação	Valores de F					
	AACPD		PMG		Produtividade	
	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11
Test. x Fatorial	264,69**	51,36**	106,15**	23,86**	21,36**	33,95**
Volume (V)	2,35 <sup>ns</sup>	8,65**	3,41 <sup>ns</sup>	4,94*	0,34 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>
Tecnologia (T)	0,31 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>
V x T	1,52 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
CV(%)	10,63	18,34	3,09	4,26	11,16	10,37

\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) foram encontradas entre o tratamento testemunha e os tratamentos que receberam aplicação de fungicida em todas as variáveis estudadas nos dois anos agrícolas. Diferenças significativas entre volumes de aplicação foram encontrados na variável AACPD ( $P \leq 0,01$ ) e PMG ( $P \leq 0,05$ ) no ano agrícola 2010/11. Não houve interação significativa entre tecnologia e partes da planta sobre AACPD, PMG e produtividade da soja em nenhum ano agrícola indicando independência das variáveis (Tabela 16).

Os valores médios de AACPD nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Figura 17. Todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida, independente da tecnologia adotada, diferenciaram significativamente do tratamento testemunha, porém não foi o suficiente para extinguir a doença em campo, sendo altos os valores médios de AACPD nos tratamentos que receberam controle nos dois anos agrícolas.

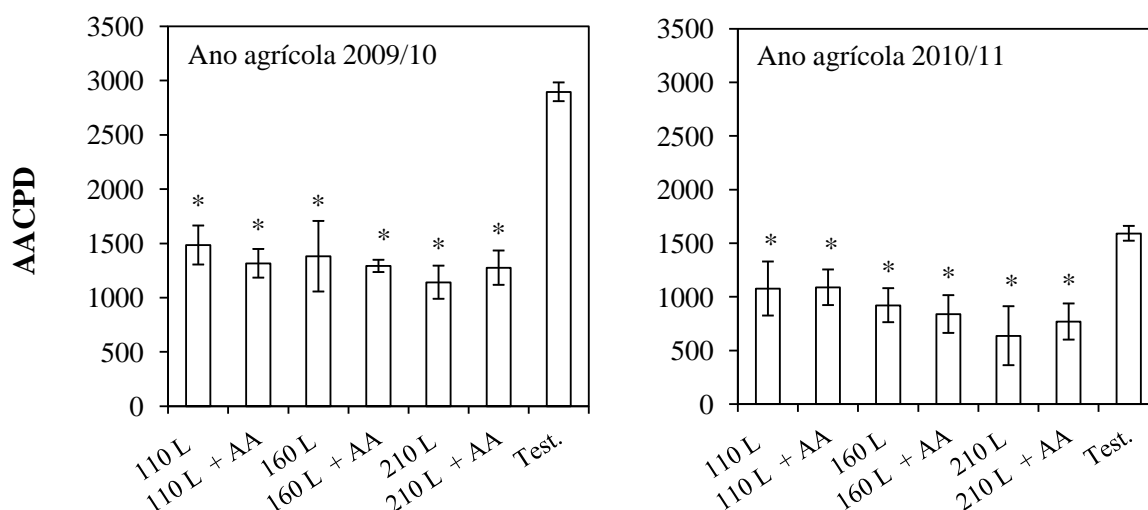


Figura 17. Severidade média da FAS representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Maiores valores médios de AACPD foram encontrados no ano agrícola 2009/10 em todos os tratamentos apresentando uma relação de 2,2 (média dos tratamentos sem controle dividido pela média dos tratamentos que receberam aplicação de fungicida) no ano

agrícola 2009/10 e 1,8 no ano agrícola seguinte. Quanto maior essa relação, maior é a diferença entre tratamentos que receberam aplicação de fungicida quando comparado com o tratamento sem nenhum tipo de controle e conseqüentemente maior a efetividade de controle da doença.

As aplicações de fungicida utilizando  $210 \text{ L ha}^{-1}$  (ano agrícola 2009/10) proporcionaram os menores valores de AACPD diferindo significativamente do tratamento onde a aplicação foi realizada com um volume de  $110 \text{ L ha}^{-1}$ . O volume de  $160 \text{ L ha}^{-1}$  não diferiu dos demais tratamentos (Figura 18).

Diferenças significativas entre volume de aplicação de  $115$  e  $160 \text{ L ha}^{-1}$  na severidade da FAS representadas pelos valores de AACPD não foram observadas por Cunha et al. (2006). Cunha et al. (2008), avaliando diferentes pontas e volume de aplicação no controle da FAS, também não encontraram diferenças significativas entre volume de  $150$  e  $200 \text{ L ha}^{-1}$  nos valores de AACPD. Talvez variações de volume de  $50 \text{ L ha}^{-1}$  não são suficientes para inferir em diferenças significativas na severidade da doença.

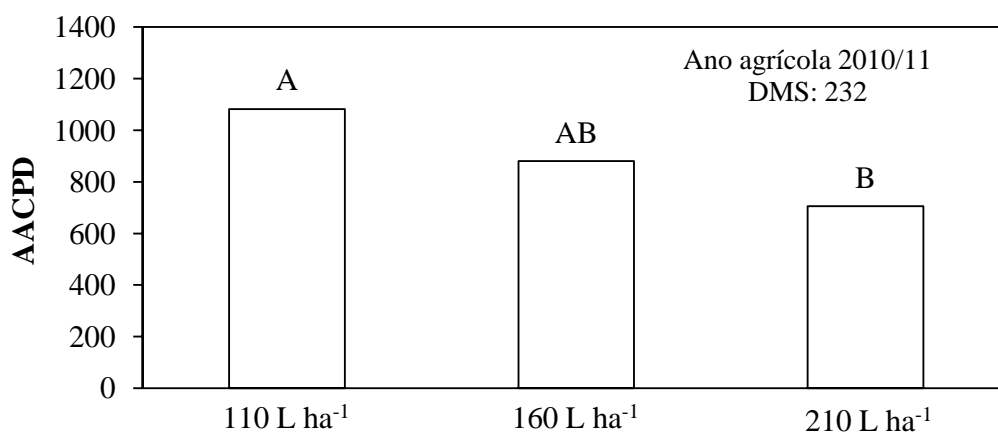


Figura 18. Efeito do volume de aplicação na severidade da doença representada pelos valores de AACPD. Médias com mesma letra não diferenciam significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida apresentaram PMG significativamente superior ao tratamento testemunha (Figura 19). Os PMGs foram semelhantes nos dois anos agrícolas estudados. Ficou claro que a FAS interfere no tamanho dos grãos de soja onde as parcelas tratadas com fungicidas proporcionaram

maiores PMG. Cunha et al. (2008); Prado et al. (2010a); Christovam et al. (2010b;c); Aguiar-Júnior et al. (2011) observaram maiores médias de PMG nos tratamentos que receberam aplicação de fungicidas quando comparada com as parcelas sem controle.

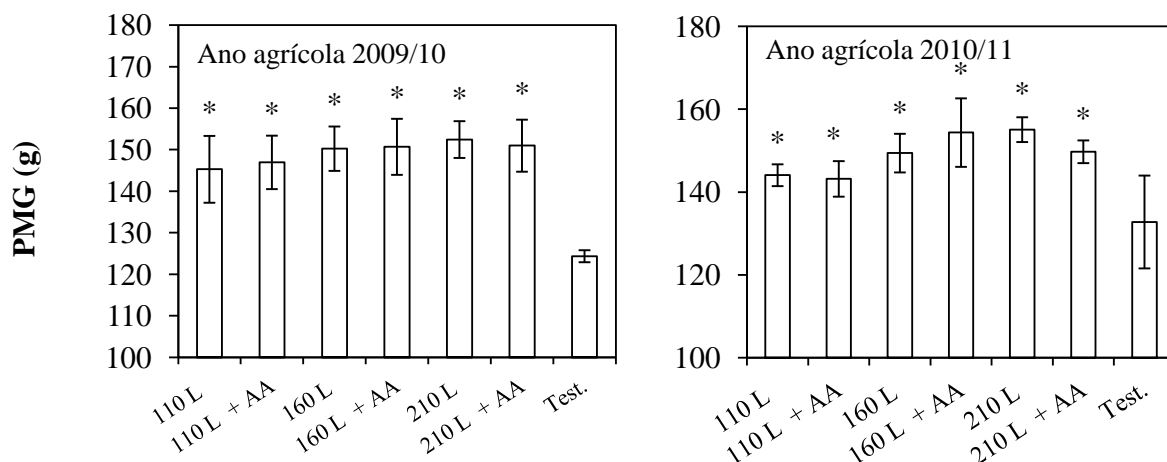


Figura 19. Comparação dos valores médios do PMG (Desvio padrão da média é representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

O volume de aplicação de  $110 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou os menores valores de PMG diferindo significativamente dos tratamentos onde a aplicação foi realizada com volume de  $160$  e  $210 \text{ L ha}^{-1}$  no ano agrícola 2010/11. Não houve diferença significativa entre os volumes de  $160$  e  $210 \text{ L ha}^{-1}$  (Figura 20).

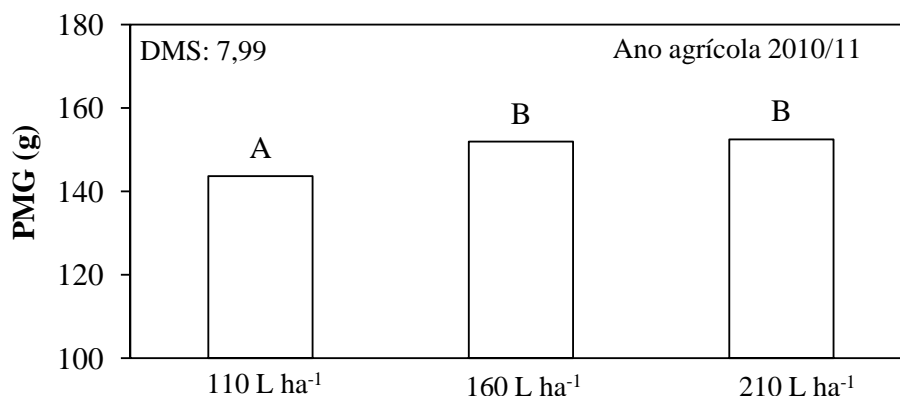


Figura 20. Efeito do volume de aplicação no peso de mil grãos (PMG). Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



Os valores médios de produtividade nos anos agrícola 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Figura 21. Todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida, independente da tecnologia de aplicação adotada, diferenciaram significativamente do tratamento testemunha. O tratamento onde não foi realizado o controle da doença apresentou perda de produtividade de 27 e 31%, respectivamente nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11, em relação aos tratamentos que receberam aplicação de fungicida.

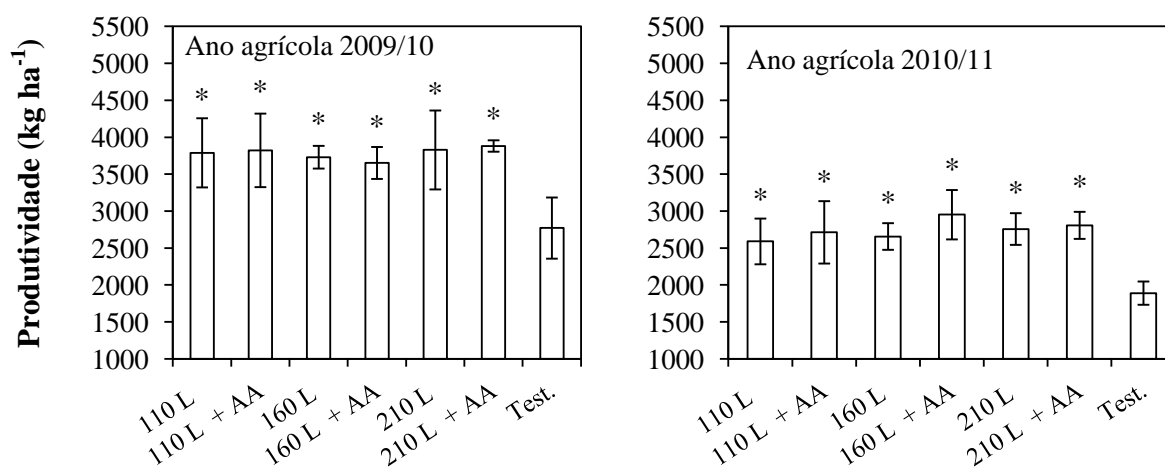


Figura 21. Comparação dos valores médios de produtividade. (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Diversos trabalhos relatam o alto potencial da FAS em proporcionar reduções de produtividade na cultura da soja. Cunha et al. (2008) observaram reduções na produtividade de 61%, Prado et al. (2010a) de 37%; Christovam et al. (2010b) de 49% e Aguiar-Júnior et al. (2011) de 60%.

Menores perdas na produtividade foram observadas no ano agrícola 2009/10, embora fossem encontrados valores maiores de AACPD (Figura 17), quando comparado com os valores médios do ano agrícola seguinte (2010/11). Este fato pode estar associado com o potencial produtivo da cultura (FTS Campo Mourão) semeada nesse ano agrícola.

Nos dois anos agrícolas, verificou-se que os volumes de aplicação (110; 160 e 210 L ha<sup>-1</sup>) associados ou não com à AA junto à barra de pulverização apresentaram valores médios de produtividade estatisticamente iguais entre si. A não existência de diferença significativa entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicida pode estar associada às condições ambientais favoráveis, UR do ar de  $73 \pm 5\%$  e ventos oscilando entre 3,7 - 7,0 [valores médios das 5 pulverizações de fungicida (Tabela 6)], no momento da aplicação do fungicida.

A utilização da AA junto à barra de pulverização pode contribuir em melhorias no controle da FAS em condições desfavoráveis à aplicação como, por exemplo, na presença de ventos superiores a 10 km h<sup>-1</sup> ou na ausência total de vento (inversão térmica). Bauer e Raetano (2000), estudando o efeito da AA de junto à barra de pulverização concluíram que a pulverização realizada com AA junto à barra de pulverização reduziu significativamente a deriva em relação ao equipamento convencional nas mesmas condições ambientais.

Cunha et al. (2006) e Cunha et al. (2008), estudando diferentes volumes com diferentes pontas de pulverização no controle da FAS, não observaram diferenças significativas na produtividade entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicida, independente do volume de aplicação utilizado.

Correlações negativas significativas entre produtividade e AACPD ocorreram nos dois anos agrícolas ( $P \leq 0,01$ ). Observou-se alta correlação negativa no ano agrícola 2009/10 ( $y = 4561,0 - 0,6x$ ;  $r = -0,72$ ;  $F = 28,4$ ) e correlação negativa moderada no ano agrícola 2010/11 ( $y = 3317,5 - 0,7x$ ;  $r = -0,59$ ;  $F = 13,7$ ), conforme apresentado na Figura 22.

Quanto maior a intensidade da doença (AACPD) menor foi a produtividade da cultura em ambos os anos agrícolas estudados. Quando comparado os valores de AACPD entre os diferentes anos agrícolas, observa-se que no ano agrícola 2009/10, embora apresentassem valores maiores de AACPD, foram encontrados valores maiores de produtividade quando comparado ao ano agrícola 2010/11 (Figura 22). Isso implica que deve-se levar em consideração o potencial de tolerância da cultura ao ataque da FAS.

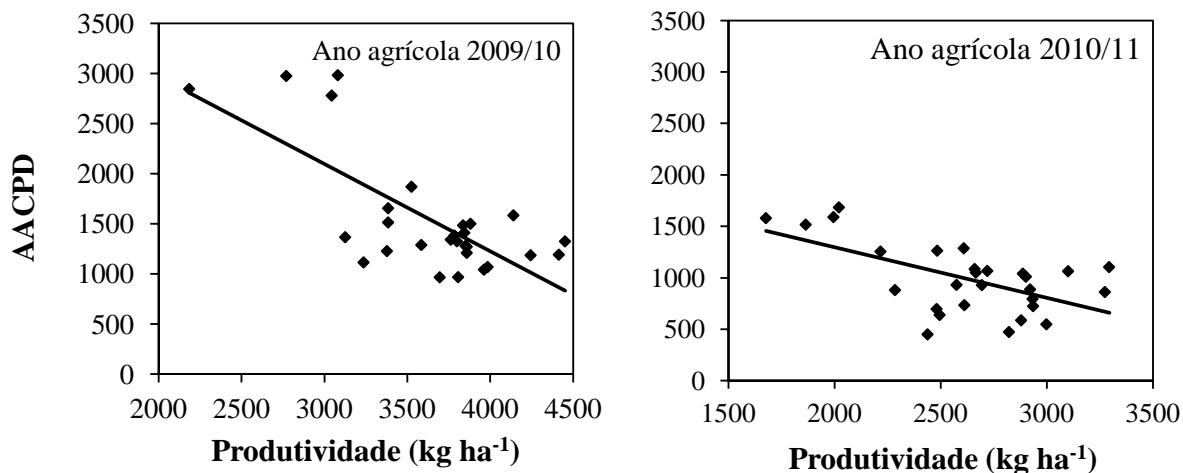


Figura 22. Correlação entre a severidade da ferrugem Asiática representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade da soja. Botucatu-SP, 2012.

A ausência de diferença significativa de produtividade entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicida pode estar relacionada ao fato de que nenhuma das tecnologias estudadas conseguiu aumento significativo na quantidade do fungicida na região de maior interesse para o controle da FAS (folhas da parte mediana e inferior). Valores menores de AACPD na safra 2010/11 (Figura 18), quando utilizou-se o volume de 210 L ha<sup>-1</sup>, não foram suficientes para proporcionar diferenças significativas de produtividade.

A utilização de volumes de aplicação menores torna-se uma alternativa interessante para os agricultores. Volumes menores proporcionam além de economia de água, um aumento na capacidade operacional da máquina reduzindo o número de reabastecimento do pulverizador. Desde que a eficiência de controle da aplicação não seja comprometida a utilização de volumes baixos torna-se interessante tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

#### 6.4 Experimento 4: Efeito do volume de aplicação e de surfatante siliconado na deposição da pulverização e controle da FAS

Os resultados da análise de variância dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) para as variáveis volume de aplicação (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>), tecnologia (com e sem o uso de surfatante siliconado) e partes de amostragem (superior, mediana e inferior) das plantas de soja são apresentadas na Tabela 17.

Diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) foram observadas nos dois anos agrícolas para a variável partes da planta. As variáveis volume e tecnologia de aplicação não apresentaram diferenças significativas nos dois anos agrícolas. Diferenças significativas foram observadas para as interações volume de aplicação x tecnologia ( $P \leq 0,01$ ) e para a interação tripla volume x tecnologia x parte da planta ( $P \leq 0,01$ ) no ano agrícola 2009/10. No ano agrícola 2010/11 foi observada interação significativa somente entre tecnologia x parte da planta ( $P \leq 0,01$ ) (Tabela 17).

Tabela 17. Resultados da análise de variância dos depósitos da pulverização em função do volume de aplicação (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>), tecnologia (com e sem o uso de surfatante siliconada) e partes de amostragem (superior, mediana e inferior) das plantas de soja. Botucatu-SP, 2012.

Causa de Variação	Valores de F	
	Ano agrícola 2009/10	Ano agrícola 2010/11
Volume (V)	1,08 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Tecnologia (T)	1,71 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>
Partes da planta (P)	138,91**	122,18**
V x T	13,21**	1,12 <sup>ns</sup>
V x P	2,24 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
T x P	0,14 <sup>ns</sup>	3,36*
V x T x P	5,56**	0,78 <sup>ns</sup>
CV(%)	35,60	49,72

\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

A adição do surfatante siliconado à calda de pulverização e os diferentes volumes de aplicação não apresentaram nenhum efeito nos depósitos da pulverização nos dois anos agrícolas. Aguiar-Júnior et al. (2011) não observaram diferenças

significativas nos depósitos da pulverização utilizando o surfatante siliconado nas folhas localizadas nas partes superior e inferior das plantas de soja quando a pulverização foi realizada com o uso da assistência de ar junto à barra de pulverização.

A Figura 23 apresenta os valores de depósitos em relação às diferentes partes de amostragem da planta de soja. No ano agrícola 2009/10, diferenças significativas foram observadas nas três partes da planta. No ano agrícola seguinte, os depósitos nas folhas da parte inferior não diferiram significativamente daqueles da parte mediana, porém ambos diferiram significativamente dos depósitos da parte superior.

Maiores depósitos da pulverização foram observados nas folhas da parte superior em seguida da parte mediana e inferior das plantas de soja nos dois anos agrícolas. Os valores médios dos depósitos nas folhas da parte superior, referente aos dois anos agrícolas, foram 2,9 e 6,0 vezes maiores quando comparados aos depósitos médios das partes mediana e inferior das plantas de soja.

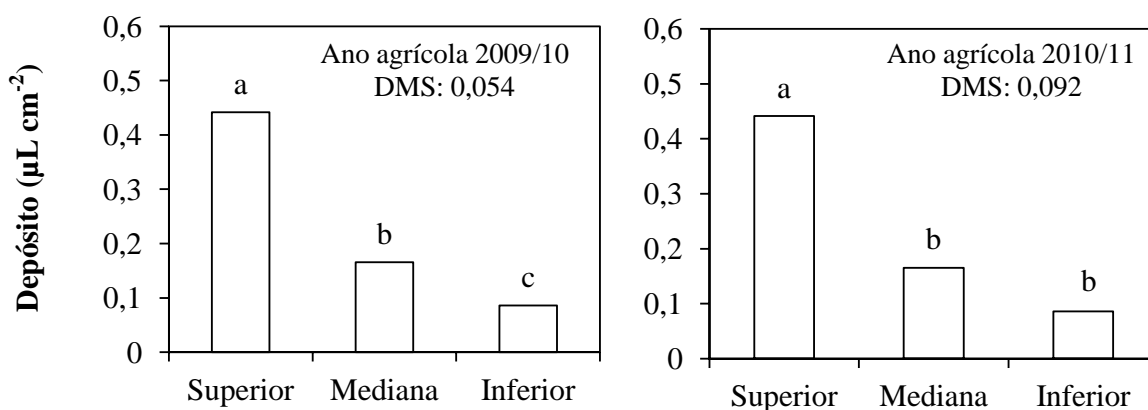


Figura 23. Valores médios dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) nas folhas da parte superior, mediana e inferior das plantas de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

O desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização para a interação volume x tecnologia de aplicação, referente ao ano agrícola 2009/10, são apresentados na Tabela 18. A aplicação realizada com volume de  $60 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou o menor valor médio de depósito diferindo significativamente ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 7,62$ ) dos tratamentos que receberam volume de aplicação de  $110$  e  $160 \text{ L ha}^{-1}$  nas aplicações realizadas

sem surfatante siliconado. Volumes de 110 e 160 L ha<sup>-1</sup> não deferiram significativamente (Tabela 18). Já para a aplicação onde foi acrescentado surfatante siliconado foram encontrados resultados opostos em relação aos tratamentos que não receberam adição do surfatante. Quando a aplicação foi realizada no volume de 60 L ha<sup>-1</sup> foi observada a maior média de depósito diferindo significativamente ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 6,66$ ) do volume de 160 L ha<sup>-1</sup>. O volume de 110 L ha<sup>-1</sup> não diferiu dos volumes de 60 e 160 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 18).

Tabela 18. Desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização para a interação volume de aplicação (60, 110 e 160 L ha<sup>-1</sup>) x tecnologia (com e sem surfatante siliconado) no ano agrícola 2009/10. Botucatu-SP, 2012.

Volume de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	Tecnologias	
	Sem surfatante	Com surfatante
	$\mu\text{L cm}^{-2}$	
60	0,1487 B b	0,3052 A a
110	0,2653 A a	0,2327 AB a
160	0,2429 A a	0,1909 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). DMS (coluna): 0,0765; DMS (linha): 0,0636

Desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização da interação tripla volume x tecnologia x parte da planta no ano agrícola 2009/10 são apresentados na Tabela 19.

Diferenças significativas para as aplicações realizadas com adição do surfatante siliconado foram encontradas entre volume de aplicação somente nas folhas da parte superior ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 6,80$ ) e para partes de amostragem no volume de 60 L ha<sup>-1</sup> ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 30,73$ ), 110 L ha<sup>-1</sup> ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 22,54$ ) e 160 L ha<sup>-1</sup> ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 14,76$ ). O volume de 60 L ha<sup>-1</sup> apresentou valor médio maior de depósitos diferenciando significativamente do volume de 160 L ha<sup>-1</sup>. Aplicação do volume de 110 L ha<sup>-1</sup> não diferiu dos valores médios de depósitos dos volumes de 60 e 160 L ha<sup>-1</sup> na presença do surfatante. Nos três volumes de aplicação, os valores médios de depósitos nas folhas da parte superior da planta foram maiores diferindo dos depósitos da parte mediana e inferior. Depósitos das partes mediana e inferior das plantas de soja não diferiram entre si, independente do volume aplicado (Tabela 19).

Nas aplicações realizadas sem adição do surfatante siliconado foram observadas diferenças significativas entre volume de aplicação apenas nas folhas da parte superior da planta ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 20,53$ ) e para partes de amostragem no volume de  $60 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,05$ ;  $F = 4,31$ ),  $110 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 46,82$ ) e  $160 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 35,49$ ). Observa-se que os volumes de  $110$  e  $160 \text{ L ha}^{-1}$  apresentaram os maiores valores médios de depósitos não diferindo significativamente entre si. O valor médio de depósito no volume aplicado de  $60 \text{ L ha}^{-1}$  diferiu significativamente dos valores médios de depósitos dos volumes de  $110$  e  $160 \text{ L ha}^{-1}$ . Os valores médios de depósitos nas folhas da parte superior das plantas foram significativamente maiores que os da parte mediana e inferior quando empregado os volumes de  $110$  e  $160 \text{ L ha}^{-1}$ . Quando aplicado o volume de  $60 \text{ L ha}^{-1}$  os valores de depósito da parte superior da planta diferiu significativamente apenas dos valores médios de depósitos da parte inferior da planta. (Tabela 19).

Quando comparado os valores de depósitos entre tecnologias de aplicação (presença e ausência de surfatante) representadas por letras gregas, verifica-se diferença significativa apenas nas folhas da parte superior da planta. Aplicações com volume de  $160 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 33,52$ ),  $110 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,05$ ;  $F = 5,30$ ) e  $60 \text{ L ha}^{-1}$  ( $P \leq 0,05$ ;  $F = 7,66$ ) na presença de surfatante diferiram significativamente dos valores médios de depósitos dos mesmos volumes sem adição de surfatante (Tabela 19).

Tabela 19. Desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) da interação volume de aplicação x tecnologias (com e sem surfatante) x partes de amostragem da planta no ano agrícola 2009/10. Botucatu-SP, 2012.

Volume ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Com surfatante		
	Inferior	Mediana	Superior
<b>160</b>	0,0563 A b $\alpha$	0,1653 A b $\alpha$	0,3511 B a $\alpha$
<b>110</b>	0,0888 A b $\alpha$	0,1689 A b $\alpha$	0,4403 AB a $\alpha$
<b>60</b>	0,1672 A b $\alpha$	0,1953 A b $\alpha$	0,5530 A a $\alpha$
Sem surfatante			
<b>160</b>	0,0612 A b $\alpha$	0,1643 A b $\alpha$	0,5031 A a $\beta$
<b>110</b>	0,0657 A b $\alpha$	0,1636 A b $\alpha$	0,5666 A a $\beta$
<b>60</b>	0,0760 A b $\alpha$	0,1349 A ab $\alpha$	0,2353 B a $\beta$

Letras maiúsculas comparam volumes de aplicação. Letras minúsculas comparam partes de amostragem da planta. Letras gregas comparam a tecnologia de aplicação (com e sem surfatante). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). DMS (volume): 0,1325/ DMS (parte de amostragem): 0,1325/ DMS (tecnologia de aplicação): 0,1101

O desdobramento dos valores médios dos depósitos para a variável tecnologia x parte de amostragem da planta no ano agrícola 2010/11 está apresentado na Tabela 20. As folhas da parte superior das plantas de soja apresentaram maiores valores de depósitos tanto na pulverização realizada com adição de surfatante ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 42,56$ ) quanto na pulverização sem surfatante ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 82,97$ ), diferindo significativamente dos depósitos nas folhas das partes mediana e inferior. Os depósitos da parte mediana não diferiram significativamente da parte inferior tanto na presença do surfatante como na ausência (Tabela 20).

Diferenças significativas comparando as duas tecnologias foram encontradas (com e sem surfatante) apenas nos depósitos das folhas da parte superior ( $P \leq 0,01$ ;  $F = 9,57$ ) no ano agrícola 2010/11. A aplicação realizada com o surfatante proporcionou maiores médias de depósitos quando comparada com a aplicação sem surfatante (Tabela 20).

Tabela 20. Desdobramento dos valores médios dos depósitos da pulverização para a interação tecnologias (com e sem surfatante) x partes de amostragem da planta no ano agrícola 2010/11. Botucatu-SP, 2012.

Partes da planta	Volume de aplicação ( $L ha^{-1}$ )	
	Sem surfatante	Com surfatante
	$\mu L cm^{-2}$	
Superior	0,5258 A b	0,6926 A a
Mediana	0,1124 B a	0,1070 B a
Inferior	0,0795 B a	0,0765 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). DMS (coluna): 0,1302; DMS (linha): 0,1083

Os maiores valores de depósitos foram obtidos na parte superior das plantas seguidos pelos mensurados nas partes medianas e inferiores das plantas, independente do volume de aplicação (Tabelas 19 e 20). O aumento do volume de aplicação proporciona maior depósito da pulverização na planta como um todo, porém esses valores maiores foram retidos principalmente pelas folhas da parte superior das plantas, principalmente quando essas apresentaram grande índice de área foliar. Barbosa et al. (2009), estudando os volumes de aplicação de 46,7; 93,4 e 140  $L ha^{-1}$  não observaram diferenças nos depósitos da pulverização



nas folhas da parte inferior das plantas de soja, onde o aumento do volume de aplicação não propiciou melhorias na deposição nessa região da planta.

Derksen e Sanderson (1996), avaliando volumes altos de aplicação, observaram melhor distribuição no dossel da cultura quando a aplicação foi realizada com volumes maiores. Os autores relatam essa melhor distribuição devido ao escorrimento da calda das folhas da parte superior das plantas para as inferiores. No entanto essas aplicações apresentam maiores riscos de contaminação do solo devido à possibilidade da não retenção do produto na planta.

O aumento do volume de aplicação de 60 para 160 L ha<sup>-1</sup> não proporcionou aumento significativo dos depósitos da pulverização nas folhas das partes mediana e inferior das plantas de soja, embora os volumes maiores aplicados apresentem depósitos médios maiores (Tabela 20). O aumento dos depósitos nas folhas da parte superior, teoricamente, não implica em melhorias no controle da FAS, uma vez que essa doença inicia-se nas folhas da parte inferior das plantas.

O uso de surfatante siliconado não resultou em incrementos nos depósitos da pulverização no dossel da cultura nesse trabalho. Cunha e Peres (2010), avaliando o efeito do adjuvante dodecil benzeno combinado com N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtiveram aumento de densidade de gotas nas folhas das partes superior e mediana da planta na presença do surfatante, porém não observaram melhorias na cobertura nas folhas da parte inferior das plantas.

Alternativas visando o aumento dos depósitos da pulverização devem ser estudadas uma vez que o aumento do volume, como apresentado nesse trabalho e por Barbosa et al. (2009), e o uso do surfatante siliconado não foram suficientes ou não apresentaram correlação com maior penetração das gotas no dossel da cultura da soja com maior índice de área foliar.

Resultados da análise de variância para valores médios da AACPD, PMG e produtividade da soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 estão apresentados na Tabela 21. Diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) foram encontradas entre o tratamento testemunha e os tratamentos que receberam aplicação de fungicida para as variáveis AACPD (ano agrícola 2009/10), PMG (ano agrícola 2009/10) e produtividade nos dois anos agrícolas. Diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) foram encontradas entre o tratamento testemunha x

tratamentos que receberam aplicação de fungicida para as variáveis AACPD e PMG (ano agrícola 2010/11). Diferenças significativas entre volumes de aplicação foram encontradas para as variáveis AACPD ( $P \leq 0,05$ ) (ano agrícola 2010/11), PMG ( $P \leq 0,05$ ) (ano agrícola 2009/10) e produtividade ( $P \leq 0,01$ ) (ano agrícola 2010/11). Diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) foi encontrada entre tecnologias de aplicação para a variável AACPD no ano agrícola 2010/11. Interação significativa entre volume x tecnologia de aplicação foi encontrada somente no ano agrícola 2010/11 para a variável AACPD.

Tabela 21. Resultado da análise de variância para os valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), peso de mil grãos (PMG) e produtividade da soja. Botucatu-SP, 2012.

Causa de variação	Valores de F					
	AACPD		PMG		Produtividade	
	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11
Controle x Fatorial	390,29**	7,85*	177,64**	5,49*	17,21**	10,46**
Volume (V)	1,43 <sup>ns</sup>	4,56*	4,52*	0,10 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	6,12**
Tecnologia (T)	0,01 <sup>ns</sup>	4,75*	0,59 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>
V x T	0,98 <sup>ns</sup>	4,53*	0,62 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
CV(%)	13,67	16,43	2,91	6,77	12,04	13,01

\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Valores de AACPD referentes aos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Figura 24. Todos os tratamentos que receberam a aplicação de fungicidas diferiram significativamente do tratamento testemunha nos dois anos agrícolas estudados. Maiores índices de severidade da doença foram encontrados (tratamentos que receberam aplicação de fungicida) no ano agrícola 2010/11 em comparação com o ano agrícola anterior. No ano agrícola 2010/11 apresentou uma relação da severidade da FAS representada pela AACPD de 2,84 (tratamento testemunha dividido pelos tratamentos que receberam aplicação de fungicida) e no ano agrícola 2009/10 a relação foi de 1,26.

A menor eficiência de controle dos tratamentos que receberam aplicação de fungicida no ano agrícola 2010/11 (BRS Valiosa RR) pode estar relacionada ao maior índice de área foliar da cultura conduzida nesse ano. O tratamento testemunha apresentou valores de AACPD semelhantes nos dois anos agrícolas estudados. Pelos valores

de AACPD obtidos no tratamento testemunha pressupõe que a intensidade da doença foi semelhante nos dois anos agrícolas estudados.

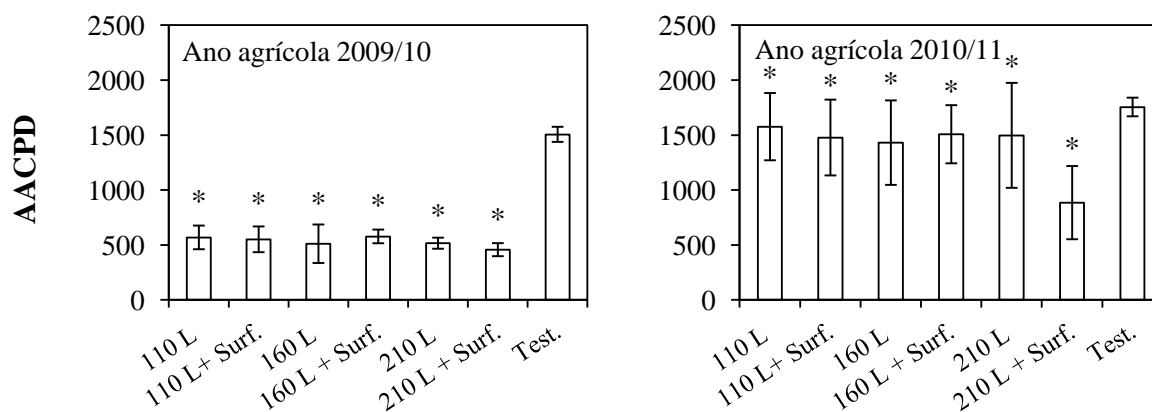


Figura 24. Severidade média da FAS representada pelos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

Os valores médios de AACPD em função do volume de aplicação no ano agrícola 2010/11 são apresentados na Figura 25. A aplicação do fungicida no volume de  $160 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou valores menores da AACPD enquanto que nos tratamentos com menor volume de aplicação ( $60 \text{ L ha}^{-1}$ ) encontram-se os valores maiores. Nível intermediário de severidade (AACPD) foi obtido com o volume de  $110 \text{ L ha}^{-1}$ , não diferindo daqueles obtidos com o maior e menor volume de calda.

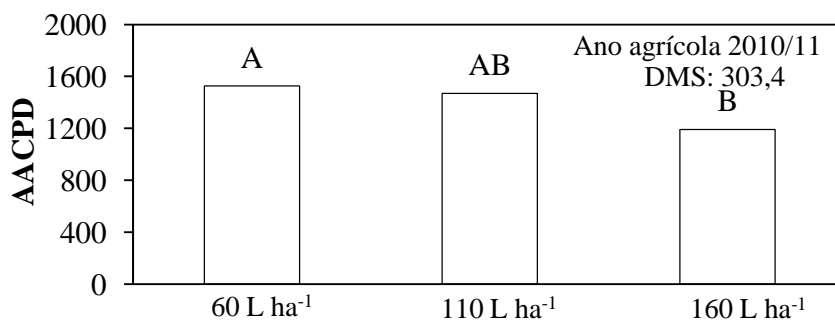


Figura 25. Efeito do volume de aplicação na severidade da doença representada pelos valores de AACPD. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Os tratamentos que receberam a aplicação de fungicida com surfatante siliconado apresentaram valores menores de AACPD, diferindo significativamente dos tratamentos sem o surfatante (Figura 26). De acordo com Penner (2000) e Bargel et al. (2006), os surfatantes têm potencial de reduzir a tensão superficial de soluções aquosas aumentando a molhabilidade das gotas da pulverização e, dessa forma, melhorando a distribuição do ingrediente ativo no alvo.

Zyl et al. (2010), estudando o efeito de diferentes adjuvantes associados a fungicidas no controle de *Botrytis cinerea* em folhas de videira, demonstraram o potencial dos adjuvantes pertencente a classe dos organosiliconados em aumentar a bioeficácia do fungicida. Gent et al. (2003), estudando algumas propriedades de adjuvantes em folhas de feijão, batata e cebola verificaram que o surfatante organosiliconado (0,125% v/v) proporcionou a mais completa cobertura da calda pulverizada sobre as folhas dessas culturas. Os autores constataram maior absorção de fungicidas pertencente ao grupo dos triazóis na presença de adjuvante embora essa taxa de absorção variasse com o tipo de cultura.

O uso do surfatante siliconado proporcionou efeito positivo na eficiência de controle do fungicida. Valores menores de AACPD nesse estudo podem estar relacionados às propriedades que o surfatante siliconado proporcionou à calda de pulverização.

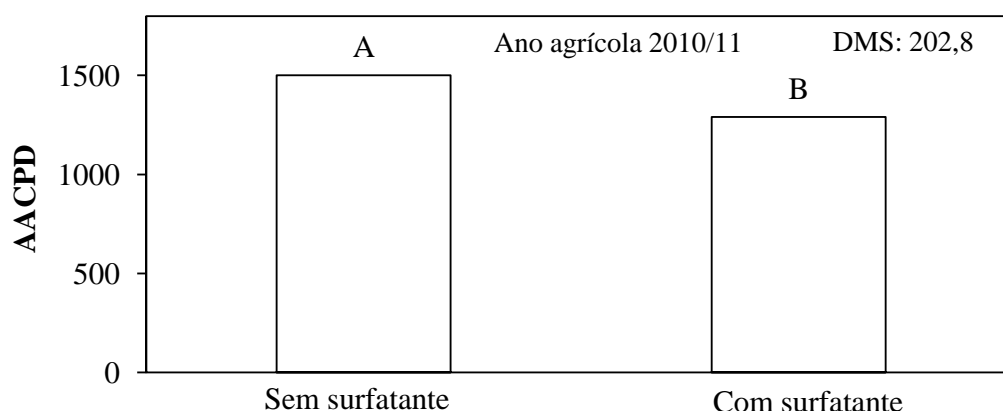


Figura 26. Efeito do adjuvante siliconado na severidade da doença representada pelos valores de AACPD no ano agrícola 2010/11. Médias com mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

O desdobramento dos valores médios da AACPD para a interação volume de aplicação x tecnologia no ano agrícola 2010/11 está apresentado na Tabela 22. Diferenças significativas entre aplicações com e sem surfatante siliconado foram encontradas apenas quando utilizou-se o volume de 160 L ha<sup>-1</sup>, onde a menor média de AACPD foi detectada na presença do surfatante. O valor da AACPD com o volume de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup> diferiu significativamente dos tratamentos com volumes de 60 e 110 L ha<sup>-1</sup>.

Tabela 22. Desdobramento dos valores médios da AACPD para a interação volume de aplicação x tecnologia (com e sem surfatante) no ano agrícola 2010/11. Botucatu-SP, 2010/11.

Tecnologia	Volume de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )		
	60	110	160
Sem surfatante	1575,8 A a	1430,2 A a	1496,6 A a
Com surfatante	1476,9 A a	1506,7 A a	884,5 B b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). DMS (coluna): 352,9/ DMS (linha): 429

A redução nos valores de AACPD é considerada um fator importante no controle da FAS uma vez que existem correlações negativas entre AACPD e produtividade da soja (MUELLER et al. 2009; PRADO et al. 2010a; TWIZEYIMANA et al. 2011). O uso de surfatante siliconado na calda fungicida pode ser uma alternativa viável na melhoria do controle químico da FAS.

Os valores médios de PMG nos anos agrícolas 2009/10 e 2011 são apresentados na Figura 27. Em ambos os anos agrícolas todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida diferiram significativamente do tratamento testemunha.

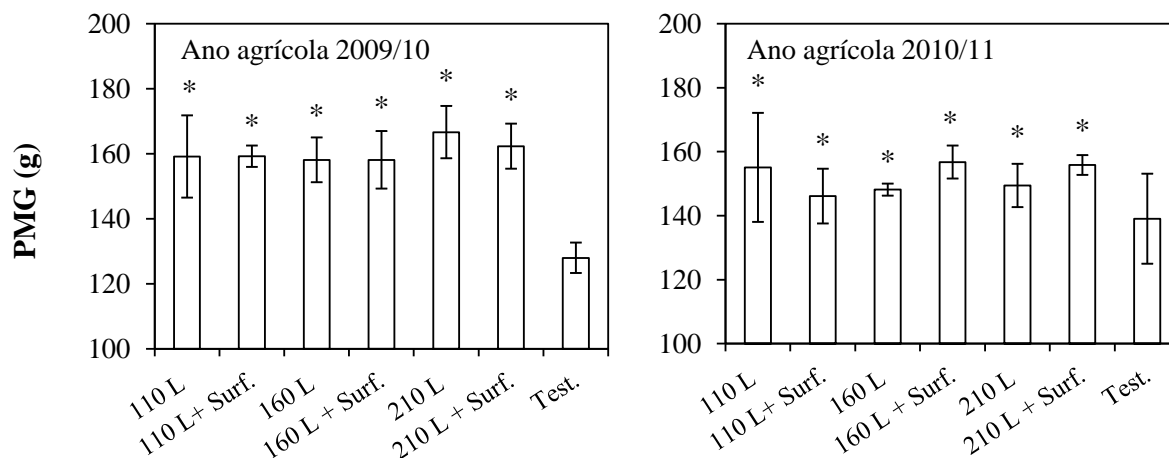


Figura 27. Valores médios do PMG. (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

A diferença significativa ( $P \leq 0,05$ , F: 4,52) referente ao PMG foi observada no ano agrícola 2009/10 quando a pulverização do fungicida foi realizada no volume de  $160 \text{ L ha}^{-1}$ , diferindo significativamente dos tratamentos que receberam volumes menores. Os tratamentos com volumes de  $60$  e  $110 \text{ L ha}^{-1}$  não diferiram significativamente entre si (Figura 28).

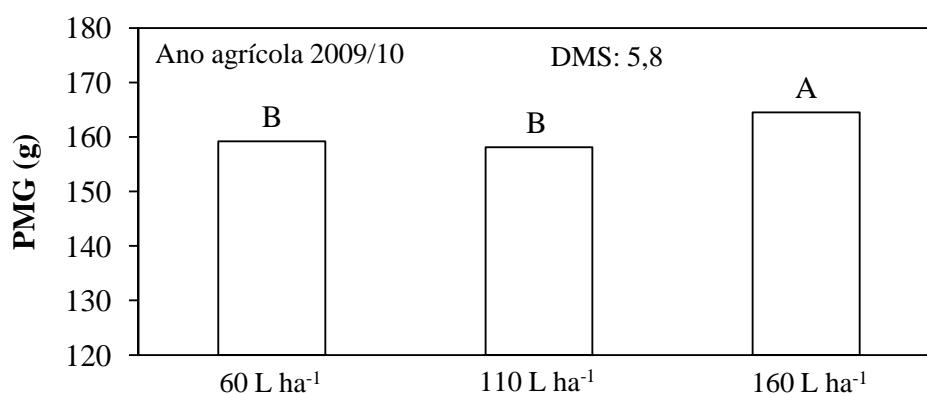


Figura 28. Efeito do volume de aplicação no peso de mil grãos (PMG) no ano agrícola 2009/10. Médias com mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Os valores médios de produtividade nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 são apresentados na Figura 29. Todos os tratamentos, nos dois anos agrícolas estudados, que receberam a aplicação de fungicida diferiram significativamente do tratamento testemunha. Valores maiores de produtividade foram obtidos no ano agrícola 2009/10 quando comparado aos valores médios de produtividade do ano agrícola seguinte. A maior produtividade nesse ano agrícola deve estar associada ao potencial produtivo da cultivar (FTS Campo Mourão).

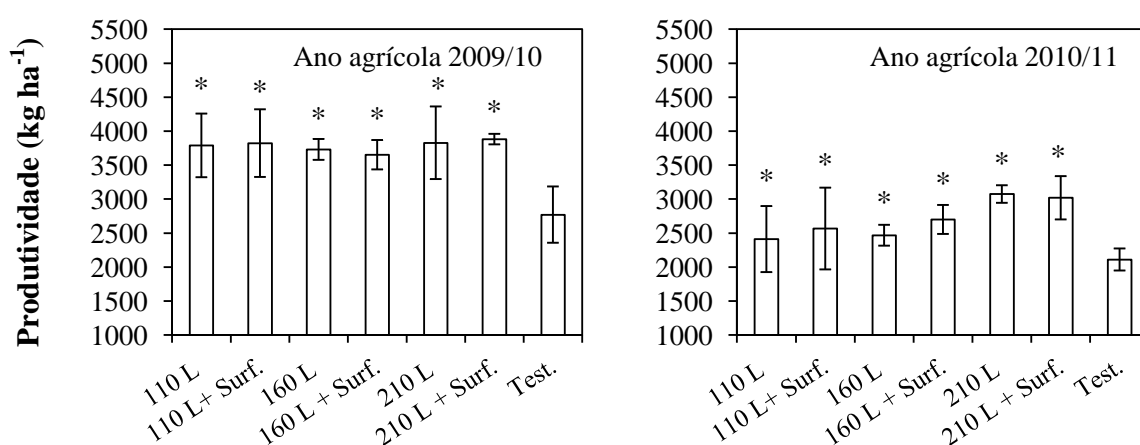


Figura 29. Valores médios de produtividade. (Desvio padrão da média está representado pelas linhas verticais). Médias com asterisco diferem significativamente da testemunha pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Botucatu-SP, 2012.

O maior valor médio de produtividade no ano agrícola 2010/11 foi encontrado no tratamento onde a aplicação foi realizada com volume de 160 L ha<sup>-1</sup> diferindo significativamente dos tratamentos que receberam volumes menores. Os volumes de 60 e 110 L ha<sup>-1</sup> não diferiram significativamente entre si (Figura 30). O volume de 160 L ha<sup>-1</sup> no ano agrícola 2010/11 apresentou os menores valores de AACPD (Figura 25) e, valores maiores de produtividade foram observados nesse mesmo ano agrícola para esse mesmo volume (Figura 30).

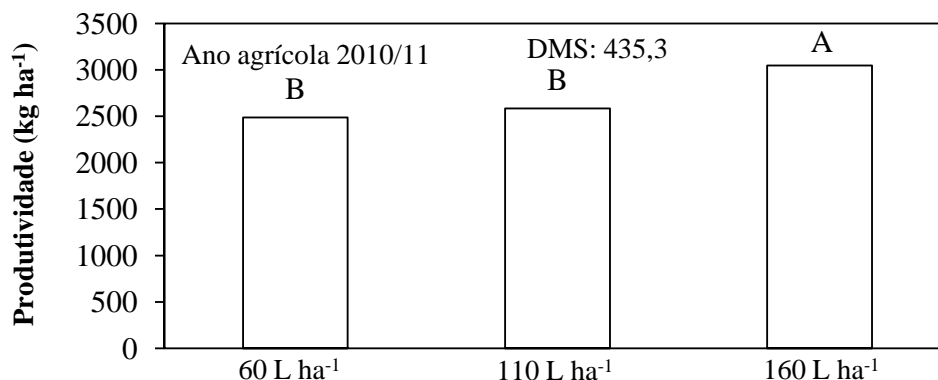


Figura 30. Efeito do volume de aplicação na produtividade da soja no ano agrícola 2010/11. Médias com mesma letra não diferenciam significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Correlações negativas significativas entre produtividade e AACPD ocorreram nos dois anos agrícolas estudados ( $P \leq 0,01$ ). Observou-se correlação negativa moderada no ano agrícola 2009/10 ( $y = 4207,6 - 0,9x$ ;  $r = -0,65$ ;  $F = 19,06$ ) e no ano agrícola 2010/11 ( $y = 3528,4 - 0,6x$ ;  $r = -0,55$ ;  $F = 11,47$ ) (Figura 31). Quanto maior a intensidade da doença (AACPD) menor foi a produtividade da cultura em ambos os anos agrícolas. Considerando que a severidade da doença influencia de forma significativa a capacidade produtiva das plantas de soja, o controle da FAS torna-se prática indispensável visando à diminuição das perdas de produtividade.

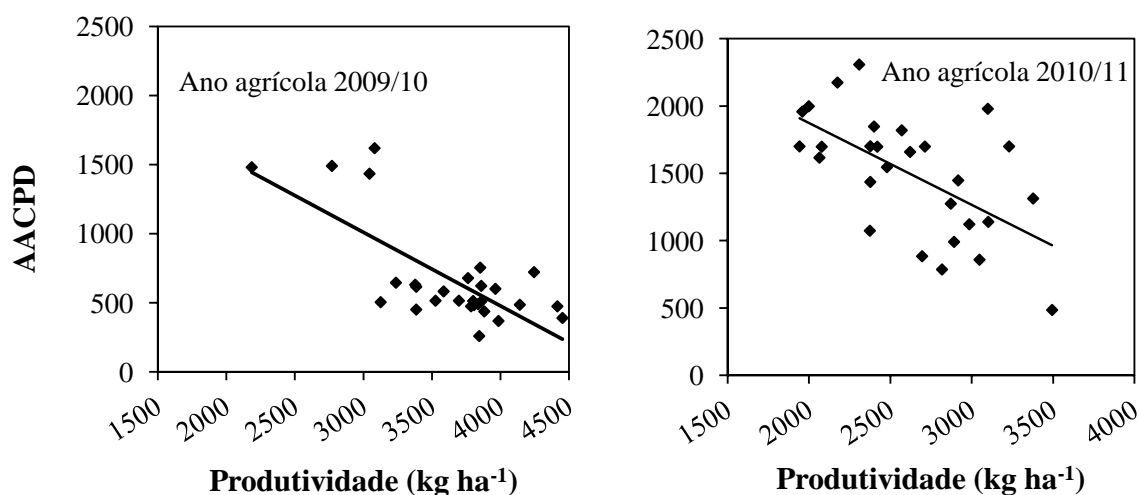


Figura 31. Correlação entre a severidade da ferrugem asiática representada pelos valores da AACPD e produtividade em soja. Botucatu-SP, 2012.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de conhecimento geral que a FAS é uma doença destruidora que se não controlada no momento certo, com o fungicida apropriado e utilizando a tecnologia de aplicação que proporcione a colocação da calda fungicida nas folhas posicionadas na parte mediana e inferior das plantas de soja, as chances de insucesso de controle são altíssimas. Um dos grandes desafios de pesquisadores de vários países é utilizar a melhor técnica de aplicação que proporcione a deposição das gotas nas folhas das partes inferiores, principalmente, de culturas com alto índice de massa foliar. Estudos com diferentes pontas de pulverização, inclinação da barra, pressão de trabalho, velocidade de deslocamento do pulverizador, volume de calda, adjuvantes em caldas de pulverização, uso da assistência de ar junto à barra de pulverização e recentemente a utilização de um dispositivo acoplado à barra de pulverização que tem por função inclinar as plantas vêm sendo desenvolvidos na cultura da soja com propósitos de obtenção de melhores deposição e cobertura no dossel dessa cultura.

A adoção da tecnologia de aplicação de fungicidas visando o controle da FAS é de grande importância para produtores de soja uma vez que ainda não existe cultivares totalmente resistentes as diferentes raças do fungo *P. pachyrhizi* (GOELLNER et al., 2010). A construção do dispositivo *CO* mostrou ser uma alternativa viável, principalmente para pequenos produtores de soja, visando a obtenção de depósitos maiores da pulverização nas folhas da parte mediana e inferior das plantas de soja. Pulverizações de fungicidas quando na presença do dispositivo *CO* acoplado à barra de pulverização reduziu a severidade da FAS apresentando menores perdas na produção de grãos. Essa tecnologia de aplicação mostrou

resultados de controle da FAS e produtividade da soja equivalente ao uso da AA junto à barra de pulverização. A vantagem da utilização de *CO* é a sua fácil construção podendo ser confeccionados pelos próprios produtores não necessitando de ferramentas especiais e o seu baixo custo de produção.

Embora *CO* seja uma tecnologia com potencial de redução de perdas causadas pela FAS, novos ensaios buscando o seu aprimoramento devem ser realizados uma vez que os estudos conduzidos nesse trabalho foram restritos somente a um dos segmentos da barra de pulverização. A utilização do dispositivo *CO* em toda a extensão da barra de pulverização pode ocasionar danos a cultura da soja, embora não verificados nesse ensaio, pois a barra tubular opera dentro do dossel da cultura. Oscilações na barra de pulverização são frequentes principalmente em pulverizadores com barras de grande extensão e em áreas onde a superfície apresenta irregularidades.

Outra questão que gera dúvidas aos aplicadores de produtos fitossanitários é o volume de calda, tendo a água como diluente, que deve ser empregado em pulverizações terrestres para que se tenha controle satisfatório da FAS. Produtores muitas vezes associam volumes altos de aplicação com maior deposição do produto fitossanitário na parte inferior das plantas. A utilização de volumes altos na aplicação de produtos fitossanitários pode ocasionar perdas por escoamento da calda, além de diminuir a capacidade operacional da máquina.

Nesse estudo foi verificado que a deposição nas folhas das plantas de soja não foi influenciada pelos diferentes volumes de aplicação, ou seja, não houve aumento significativo de depósitos à medida que foi aumentando o volume. Maiores volumes de aplicação tendem a diminuir a severidade da FAS com aumento de produtividade e PMG, embora essa diferença muitas vezes não fosse significativa. Nesse ensaio o volume de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup> foi o que apresentou os melhores resultados em termos de controle da FAS, PMG e produtividade da cultura da soja para um dos dois anos agrícolas estudados.

A utilização de volumes menores de aplicação torna-se uma alternativa interessante para os agricultores. Volumes menores proporcionam além de economia de água, aumento na capacidade operacional da máquina reduzindo o número de reabastecimentos do pulverizador. Desde que a eficiência de controle da aplicação não seja comprometida, a

utilização de volumes baixos torna-se interessante tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

A utilização do surfatante siliconado mostrou-se bom desempenho na redução da severidade da FAS sendo menores os valores de AACPD nos tratamentos onde foram adicionados esse adjuvante. Menor severidade da FAS nos tratamentos onde foram adicionados o surfatante siliconado pode estar associada em maior absorção do ingrediente ativo do fungicida utilizado (epoxiconazole associado com piraclostrobina) uma vez que essas moléculas possuem certa sistemicidade nas folhas. Muitos são os trabalhos referentes a melhor absorção de produtos fitossanitários pelas folhas de determinadas espécies de plantas, porém essas pesquisas são na sua maioria realizada com moléculas herbicidas. O comportamento de absorção de moléculas fungicidas pelas folhas de culturas de interesse econômico com a utilização de adjuvantes é um assunto que merece ser estudado uma vez que existem no mercado vários fungicidas que apresentam como característica a movimentação nas plantas.

Outro fator importante que apresenta correlação com a deposição da calda pulverizada na cultura da soja é a massa foliar que essa cultura apresenta. Observa-se que cultivares com maior quantidade de folhas dificulta a penetração das gotas no dossel da cultura, comprometendo a eficiência do tratamento fitossanitário. O aumento do volume de calda aplicada não é uma maneira eficaz para que haja maior penetração das gotas nas partes inferiores das plantas de soja em cultivares, principalmente com grande massa foliar sendo necessário o uso de técnicas complementares para obtenção de maiores depósitos nessa região da planta.

Visto que a correlação negativa entre severidade da ferrugem e produtividade da soja é significativa (Figuras 15, 22 e 31), a necessidade de redução da severidade da FAS é de grande importância para obtenção de valores maiores de produtividade. Enquanto não existe comercialmente cultivares com alta resistência ao fungo *P. pachyrhizi* é grande a dependência do controle químico com fungicidas e a tecnologia de aplicação desses produtos, buscando novas e eficazes alternativas de controle dessa doença, é essencial para que haja uma agricultura sustentável.

## 8 CONCLUSÕES

Baseado nas condições experimentais em que o estudo foi desenvolvido e nos resultados obtidos concluí-se que:

- O dispositivo “*Canopy opener*” mostrou-se viável para realização dos estudos de deposição na cultura da soja em condições de campo.

- “*Canopy opener*” proporcionou maiores quantidades de depósitos na parte inferior e menores depósitos na parte superior das plantas de soja, comparado com a pulverização convencional em laboratório.

- A operação conjunta entre “*Canopy opener*” e assistência de ar não apresentou sinergismo em nenhuma variável estudada.

- *CO* apresentou resultados equivalentes a pulverização realizada com assistência de ar junto à barra de pulverização na deposição, controle da ferrugem asiática representado pela AACPD, PMG e produtividade.

- O aumento do volume de 110 L ha<sup>-1</sup> para 210 L ha<sup>-1</sup> não proporcionou aumento dos depósitos da pulverização nas folhas das partes mediana e inferior das plantas de soja.

- A utilização da AA junto à barra de pulverização não apresentou diferença da pulverização realizada de modo convencional sobre os depósitos da pulverização, AACPD, PMG e produtividade da soja.

- A produtividade da soja não foi influenciada pelo volume de aplicação nem pelo uso da AA junto à barra de pulverização.

- O aumento do volume de 60 para 160 L ha<sup>-1</sup> não aumentou a deposição da pulverização nas partes mediana e inferior das plantas de soja.

- O uso do surfatante siliconado não resultou em melhorias nos depósitos da pulverização no dossel da cultura.

- Pulverizações de fungicidas com o surfatante siliconado melhorou a eficiência de controle da FAS.

Volumes maiores de aplicação, no geral, proporcionaram melhor controle da FAS, bem como valores maiores de PMG.

- Volume maior de aplicação proporcionou maior valor de produtividade da soja.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI-SAA, O.J.G. et al. Efeito do tamanho de gota e volume de aplicação na deposição de agrotóxicos em folhas de videiras. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.23, n.2, p.221-228, 2002.

AGUIAR-JÚNIOR, H.O. et al. Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow) **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.3, p.103-109, 2011.

ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; COSTA, J.C.B. Incidência da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja, cultivar suprema, em diferentes condições de temperatura e molhamento foliar. In: Simpósio sobre a Cultura da Soja, 1., 2004, Lavras, **Anais**. Univ. Federal Lavras, 2004. CD-ROM.

ALVES, M.C. et al. Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.3, p.239-244, 2007.

ANTUNIASSI, U.R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p.193-219.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas sistêmicos: teoria e prática.** Campinas. 1.ed. Campinas: EMOPI, 2007. 283p.

ARMSTRONG-CHO, C. et al. The effect of carrier volume on ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) control on chickpea. **Crop Protection**, Amsterdam, v.27, p.1020-1030, 2008.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas sistêmicos: teoria e prática.** Campinas. 1.ed. Campinas: EMOPI, 2007. 283p.

BARBOSA, R.N.; GRIFFIN, J.L.; HOLLIER, C.A. Effect of spray rate and method of application in spray deposition. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v.25, n.2, p.181-184, 2009. (Technical Note).

BARBOSA, C.Z.R. et al. Qualidade de sementes de soja BRS Tracajá, colhidas em Roraima em função do tamanho no armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.1, p.73-80, 2010.

BARGEL, H. et al. Structure–function relationships of the plant cuticle and cuticular waxes – a smart material? **Functional Plant Biology**, Collingwood, v.33, n.10, p.893-910, 2006.

BAUER, F.C.; RAETANO, C.G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.271-276, 2000.

BOLLER, W. Resposta da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em relação a concepção atmosférica visando o controle de doenças de plantas. In: CONGRESSO

PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 30., Jaboticabal, 2007. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, Grupo Paulista de Fitopatologia, v.33, n.1, supl., p.113-117, 2007.

CALVO E.S. et al. Two major recessive soybean genes conferring soybean rust resistance. **Crop Science**, Madison, v.48, p.1350-1354, 2008.

CAMILO, A.P.; PALLADINI, L.A. Efeito de diferentes volumes de calda no ralei químico de frutos da macieira 'gala'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2191-2195, 2000.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley e Sons, 1990. 532p.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas**, Botucatu, 95p. 1983.

CHRISTOVAM, R.S. et al. Effect of nozzle angle and air-jet parameters in air-assisted sprayer on biological effect of soybean Asian rust chemical protection. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.50, n.3, p.347-353, 2010a.

CHRISTOVAM, R.S. et al. Air-assistance and low volume application to control of Asian rust on soybean crop. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v.50, n.3, p.354-359, 2010b.

CHRISTOVAM, R.S. et al. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.231-238, 2010c.

CUNHA, J. P.A.R. et al. Deposição e deriva de calda fungica aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.133-138, 2005.



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 volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1.360-1.366, 2006.

CUNHA, J.P.A.R. et al. 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.; PEREIRA, R.G. Efeitos de pontas e volume de pulverização no controle químico de doença no milho. **Revista de Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v.40, n.4, p.533-538, out-dez, 2009.

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 Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.597-602, 2010.

CUNHA, J.P.A.R. et al. 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.

DERKSEN, R.C.; SANDERSON, J.P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.39, n.1, p.5-9, 1996.

DERKSEN, R.C. et al. Spray deposition characteristics on tomatoes and disease management as influenced by droplet size, spray volume, and air-assistance. **ASAE Paper No. 011120. St. Joseph, Mich.:** ASAE, 2001.

DERKSEN, R.C. et al. Effects of air-assisted and conventional spray delivery systems on management of soybean diseases. In: International Advances in Pesticide Application 2006, **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v.77, p.415-422, 2006.

DERKSEN, R.C. et al. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air-assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.51, n.2, p.1529-1537, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Embrapa STI, 2006. 412p.

FARINHA, J.V. et al. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, 2009.

FEHR, W.R. et al. Stage of development description for soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.

FORSTER , W.A.; ZABKIEWICZ J.A.; RIEDERER, M. Mechanisms of cuticular uptake of xenobiotics into living plants: 1. Influence of xenobiotic dose on the uptake of three model compounds applied in the absence and presence of surfactants into *Chenopodium album*, *Hedera helix* and *Stephanotis floribunda* leaves. **Pest Management Science**, Bognor Regis, v.60, p.1105-1113, 2004.

FORSTER , W.A.; ZABKIEWICZ J.A.; LIU, Z. Cuticular uptake of xenobiotics into living plants. Part 2: Influence of 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. **Pest Management Science**, Bognor Regis, v.62, p.664-672, 2006.

FOX, R.D. et al. Power in an air sprayer jet **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.25, n.5, p.1181-1184, 1982.

FURLAN, S.H. Impacto da ferrugem asiática da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.31, n.1, p.119-120, 2005.

GENT, D.H.; SCHWARTZ, H.F.; NISSEN, S.J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. **Plant disease**, Saint Paul, v.87, n.5, p.591-597, 2003.

GIORDANI, R. F. **Controle de oídio e doenças de final e ciclo na cultura da soja**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeito da Severidade de Oídio e Crestamento Foliar de *Cercospora* na Produtividade da Cultura da Soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília DF, v.29, n.5, p.526-531, 2004.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília DF, v.31, n.1, p.63-68, 2006.

GOELLNER, K. et al. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v.11, n.2, p.169-177, 2010.

HANNA, H.M. et al. Nozzle and carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v.25, n.1, p.5-13, 2009.

HOLLOWAY, P.J. et al. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. **Crop Protection**, Amsterdam, v.19, n.1, p.27-37, 2000.

IOST, C.A.R. et al. Avaliação de volumes de calda proporcionados por diferentes pontas de pulverização no controle de *Tuta absoluta* (Meirick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomate rasteiro. **Acta Scientia Agronômica**, Maringá, v.39, supl., p.619-624, 2008.

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

JORGENSEN, L.; WITT, K. L. **Spraying and the impact on the environment: Spraying technique in relation to approval and use of pesticides in Northern Europe**. In: HARDI INTERNATIONAL. Hardi international application technology course 2000. Taastrup, 2000. v.1, cap.2, p.4-16.

JULIATTI, F.C. et al. Uso da resistência parcial e efeito preventivo e curativo de fungicidas no controle da ferrugem asiática. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005. p.115-33.

KNOCHE, M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage applied herbicides. **Crop Protection**, Amsterdam, v.13, p.163-178, 1994.

KUDSK, P.; MATHIASSEN, S.K. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameter. **Crop Protection**, Amsterdam, v.26, p. 328-334, 2007.

KUNZ, V.L. **Dinâmica do ar em barra pulverizadora, com saída única e dupla, deposição da calda e controle da ferrugem Asiática da soja**. 2010. 48f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern Africa. **Plant Disease**, Saint Paul, v.89, p.669-674, 2005.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v.2, 1994. 168p.

MILES, M. R. et al. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant disease**, Saint Paul, v.91, n.1, p.1450-1458, 2007.

MUELLER, D.S. et al. 2002. Efficacy of fungicides on *Sclerotinia sclerotiorum* and their potential for control of Sclerotinia stem rot on soybean. **Plant Disease**, Saint Paul, v.86, n.1, p.26-31, 2002.

MUELLER, T.A. et al. Effect of fungicides and timing of application on soybean rust severity and yield. **Plant Disease**, Saint Paul, v.93, n.2, p.243-248, 2009.

NAVARINI, L. et al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.2, p.182-186, 2007.

OLIVEIRA, C.A.L.; CAMPOS NETO, R.R.; FERNANDES, C.B. Efeito de Diferentes Volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. **Anais da Sociedade de Entomologia do Brasil**, Londrina, v.27, n.1, p.117-124, 1998.

OZKAN, H.E. Best spraying strategies to fight against Soybean Rust. 2005. Disponível em: [http://www.jacto.com/soybean\\_rust.html](http://www.jacto.com/soybean_rust.html). Acesso em: 09. 2006.

OZKAN, H.E. et al. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian soybean rust. **Aspects of Applied Biology**, Warwick, v.77, n.1, p.1-8, 2006.

PENNER, D. Activator adjuvants. **Weed Technology**, Lawrence, v.14, p. 785–791, 2000.

PINTO, J.R. et al. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.105-107, 2007.

PRADO, E.P. **Assistência de ar em pulverização no manejo fitossanitário da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill.]**. Botucatu, 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade estadual Paulista.

PRADO, E.P. et al. 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, 2010a.

PRADO, E.P. et al. Tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários no controle de percevejos pragas na cultura da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.2, p.265-274, abr./jun., 2010b.

PRADO, E.P. et al. Interferência do volume de aplicação e espalhante adesivo siliconado no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. In: Simpósio em Proteção de Plantas, 2., Botucatu, 2011. **Resumo...** Botucatu: FEPAF, 2011. v.1, p.17-17. 1 CD-ROM.

RAETANO, C.G.; BAUER, F.C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.329-334, 2003.

RAETANO, C.G.; BAUER, F.C. Deposição e perdas da calda em feijoeiro em aplicação com assistência de ar na barra pulverizadora. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.309-315, 2004.

RAETANO, C.G. Assistência de ar em pulverizadores de barras. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. (Eds.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2004. p.8-18. CD-ROM.

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, p.105-6, 2007. Suplemento.

RAETANO C.G.; REZENDE, D.T.; PRADO, E.P. Application technologies for for asian soybean rust management. In: EL-SHEMY, H.A. **Soybean physiology and biochemistry**, Rijeka, v.1, p.117-138, 2011.

REICHARD, D.L.; FOX, R.D.; BRAZEE, D. Air velocities delivered by orchard air sprayers. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v.22, n.1, p.69-74,1979.

ROBINSON, T.H. Large scale ground-based application techniques. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. (Eds.). **Application technology for crop protection**. Wallingford: CAB International, 1993. p.163-186.

RYCKAERT, B. et al. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection**, Amsterdam, v.26, p.1589–1594, 2007.

SALYANI, M. Optimization of deposition efficiency for airblast sprayers. **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.43, n.2, p.247-253, 2000.

SANTOS, J.A. et al. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.443-7, 2007.

SARTORI, S. Equipamentos tratorizados para cultura de baixo fuste: situação no Cone-Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTO FITOSSANITÁRIOS, 1., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal: IAC/UNESP, 1997. p.110-112.

SCUDELER, F. et al. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.129-139, 2004.

SCUDELER, F., RAETANO, C.G. Spray deposition and losses in potato as a function of airassistance and sprayer boom angle. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.6, p.515-521, 2006.

SILVA, V.A.S.; JULIATTI, F.C.; SILVA, L.A.S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1261-1268, 2007.

SOARES, R.M. et al. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, 2004. (Nota).

STEVENS, P.J.G. Organosilicone surfactants as adjuvants for agrochemicals. **Pest Management Science**, Saint Paul, v.38, n.103-122, 1993.

STICKLER, W.E. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: FOY, C. L. (Ed.). **Adjuvants for Agrochemicals**, New York: Marcell Dekker, 1992. p. 247-249.

TAYLOR, W.A.; ANDERSEN, P.G. A review of benefits of air assisted spraying trials in arable crops. **Aspects of Applied Biology**, Warwick, v.48, p.163-174, 1997.

TWIZEYIMANA, M. et al. Dynamics of soybean rust epidemics in sequential plantings of soybean cultivars in Nigeria. **Plant Disease**, Saint Paul, v.95, p.43-50, 2011.

WAGNER, P. et al. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.54, n.385, p.1295-1303, 2003.

WALKER D.R. et al. Evaluation of USDA soybean germplasm accessions for resistance to soybean rust in the southern United States. **Crop Science**, Madison, v.51, n.678-693, 2011.



YORINORI, J.T et al. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. **Anais**, Congresso Brasileiro de Soja, Foz do Iguaçu, p.94, 2002.

YORINORI, J.T.; LAZZAROTTO, J.J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27p. (Documentos, 236).

YORINORI, J.T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, Saint Paul, v.89, p.675-677, 2005.

ZABKIEWICZ, J.A. A cleaner and greener New Zealand thanks to 2,4,5-T, science and silicones. **Chemistry in New Zealand**, Hamilton, p.8-12, 2008.

ZHU, H. et al. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.45, n.5, p.1295-1301, 2002.

ZHU, H. et al. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, Landon, v.87, n.3, p.275-283, 2004.

ZHU, H. et al. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 1. Mathematical models to assist opener development. **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.51. n.6, p.1905-1912, 2008a.

ZHU, H. et al. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 2. Opener design with field experiments. **Transaction of the ASABE**, Saint Joseph, v.51, n.6, p.1905-1912, 2008b.

ZYL, S.A.V. et al. The use of adjuvants to improve spray deposition and *Botrytis cinerea* control on Chardonnay grapevine leaves. **Crop Protection**, Amsterdam, v.29, p.58-67, 2010.

## 10 APÊNDICE

Dimensão das peças constituintes do artefato *CO*.

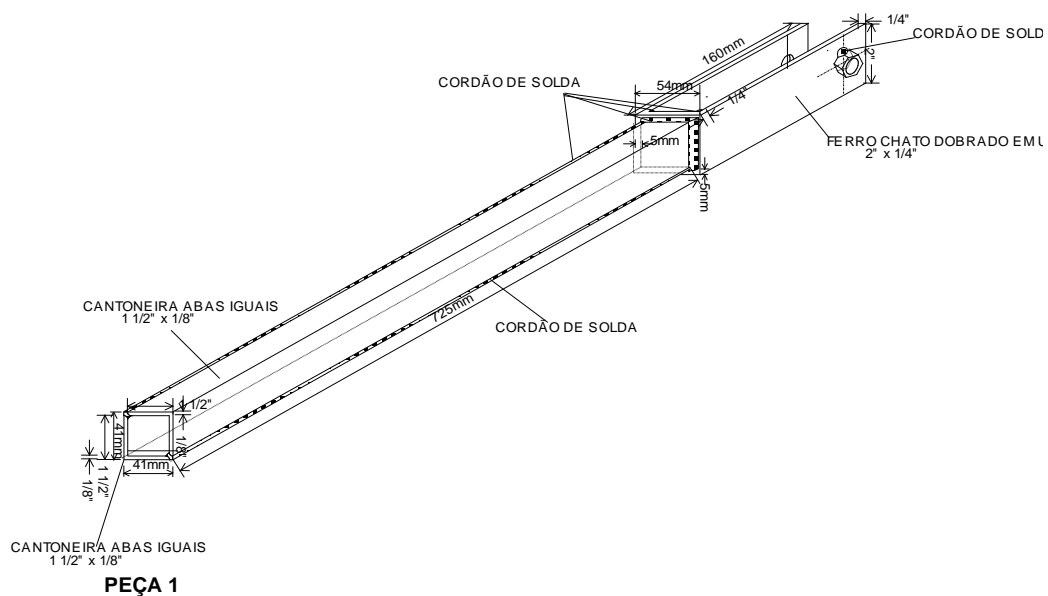


Figura1. Ilustração da barra horizontal com detalhes das medidas.

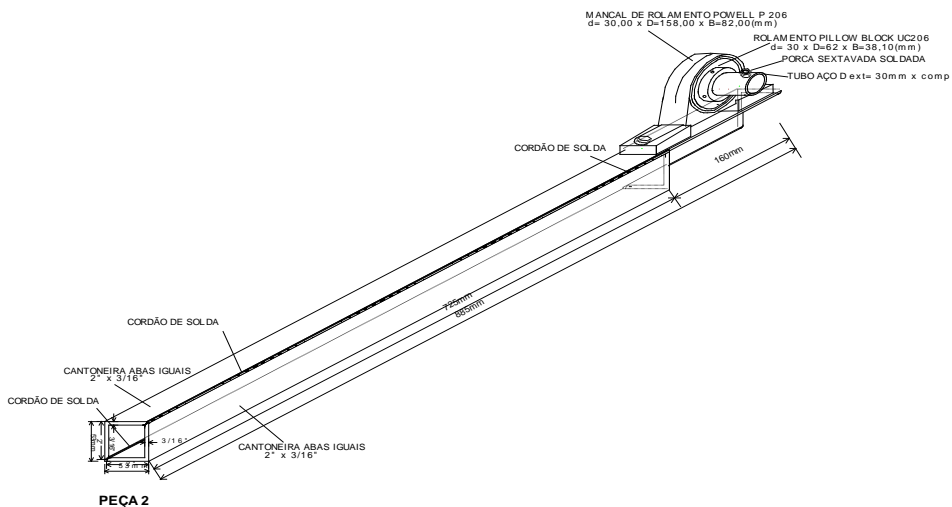


Figura 2. Medidas do suporte vertical

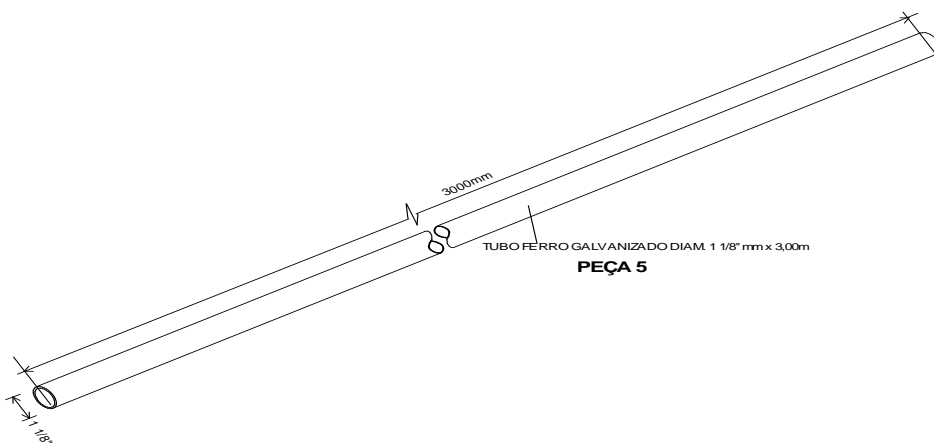


Figura 3. Barra tubular de ferro.

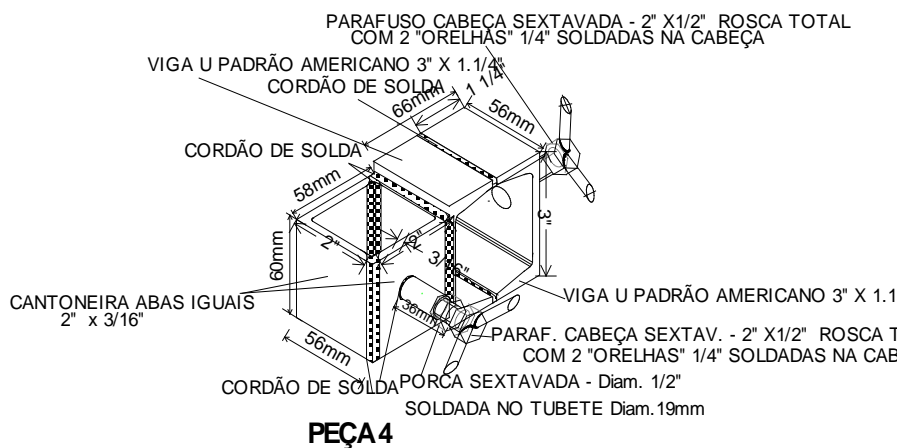


Figura 4. Abraçadeira com suas dimensões.