

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO DE DIFERENTES MODELOS DE
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

CLÉBER FRANÇA DURÃO

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
da UPF, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Área de
concentração Fitopatologia.

Passo Fundo, abril de 2016

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO DE DIFERENTES MODELOS DE
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

CLÉBER FRANÇA DURÃO

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração Fitopatologia.

Passo Fundo, abril de 2016

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

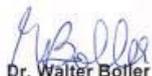
**“DESEMPENHO DE DIFERENTES MODELOS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO
CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA”**

Elaborada por

Cléber França Durão

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 19/04/2016
Pela Comissão Examinadora



Dr. Walter Botler
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador



Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia



Dr. Aíci Enimar Loeck
UFPEl



Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV



Dra. Carolina Cardoso Deuner
FAMV/UPF

CIP – Catalogação na Publicação

D948d Durão, Cléber França
Desempenho de diferentes modelos de pontas de
pulverização no controle de ferrugem asiática da soja /
Cléber França Durão. – 2016.
80 f. ; 25 cm.

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade de Passo Fundo, 2016.

1. Ferrugem asiática. 2. Ferrugem da soja (Doença).
3. Fitopatologia. 4. Pulverização. I. Boller, Walter,
orientador. II. Título.

CDU: 663.34

Catalogação: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113

A Deus, que sempre esteve me iluminando em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Gabriel Paiani Durão (*in memoriam*) e Nilza Maria Medeiros França Durão, aos meus irmãos Glauco, Douglas e Larissa, à minha esposa Sibeles Fiori e a minha filha Heloísa Fiori Durão.

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, que mesmo longe, estiveram presentes, pelo apoio, dedicação e carinho, a minha esposa pela compreensão, paciência, que incentivou e me fez acreditar em meu potencial e a minha filha que proporcionou a motivação para conclusão do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Walter Boller, pela preciosa orientação, experiência, sugestões, também pela compreensão, motivação e amizade que foram essenciais para a realização do trabalho.

A Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, juntamente com a coordenação do PPGAgro.

A todos os meus familiares e amigos que, direta ou indiretamente, me ajudaram a tornar possível a execução deste trabalho.

A todos integrantes da Empresa Seeds - Pesquisa e Planejamento Agrícola e, em especial, ao Eng. Agr. Rafael Cabeda.

Ao acadêmico de Agronomia, Felipe Parnoff Dallavechia, pelo apoio e contribuição na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Importância econômica da cultura da soja.....	6
2.2 Ferrugem-asiática da soja.....	8
2.2.1 Ocorrência.....	8
2.2.2 Etiologia.....	10
2.2.3 Ciclo da reação patógeno-hospedeiro.....	10
2.2.4 Disseminação.....	10
2.2.5 Condições ambientais favoráveis à infecção.....	11
2.2.6 Sintomas.....	12
2.2.7 Manejo integrado.....	13
2.3 Tecnologia de aplicação de defensivos.....	14
2.4 Pontas de pulverização.....	17
2.5 Cobertura, depósito e espectro de gotas.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Descrições gerais.....	29
3.2 Implantação dos experimentos.....	32
3.3 Condução dos experimentos.....	34
3.4 Avaliações.....	36
3.4.1 Controle da ferrugem-asiática da soja.....	36
3.4.2 Espectro das gotas da pulverização - cartões hidrossensíveis.....	39
3.4.3 Componentes do rendimento de grãos	41
3.4.4 Análise estatística.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Safra 2013/2014 e 2014/2015.....	43
5 CONCLUSÕES	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Sugestões de tamanhos de gotas em função da temperatura e da umidade relativa do ar.....	23
2	Precipitação pluvial acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e dias com chuva, registradas durante o desenvolvimento da cultura da soja em Água Santa, RS, 2013/2014.....	30
3	Precipitação pluvial acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e dias com chuvas registradas durante o desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, 2014/2015.....	31
4	Características botânicas e agronômicas da cultivar de soja Ativa RR (Brasmax [®]),.....	31
5	Composição dos tratamentos, modelos de pontas de pulverização, categorias de gotas e diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas produzidas	33
6	Condições do ar observadas durante as pulverizações de fungicida realizadas visando ao controle da ferrugem-asiática da soja em Água Santa, RS e Passo Fundo, RS, 2013/2014 e 2014/2015.....	36
7	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática da soja no dossel superior e dossel inferior, em função de diferentes pontas de pulverização utilizadas nas aplicações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida em Água Santa, RS, 2013/2014.....	43
8	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem-asiática da soja no dossel superior e dossel inferior, em função de diferentes pontas de pulverização utilizadas nas aplicações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida em Passo Fundo/RS, 2014/2015.....	44
9	Rendimento de grãos em função de aplicações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol com diferentes pontas de pulverização em Água Santa,	

	RS e Passo Fundo, RS, 2013/2014 e 2014/2015.....	47
10	Densidade de gotas depositadas e volume de calda em função da aplicação do fungicida trifloxistrobina + protioconazol com diferentes pontas de pulverização, nas posições superior, mediana e inferior do dossel da cultura da soja cv. Brasmax Ativa RR, no estádio fenológico R3, em Água Santa, RS, 2013/2014.....	49
11	Densidade de gotas depositadas e volume de calda em função da aplicação do fungicida trifloxistrobina + protioconazol com diferentes pontas de pulverização, nas posições superior, mediana e inferior do dossel da cultura da soja cv. Brasmax Ativa RR, no estádio fenológico R3, em Passo Fundo, RS, 2014/2015	51
12	Diâmetro mediano volumétrico dos impactos de gotas coletadas nas posições superior, mediana e inferior e amplitude relativa da posição superior do dossel de soja cultivar Brasmax Ativa RR, em aplicação de fungicida, no estádio fenológico R3 com diferentes pontas de pulverização em Água Santa, RS, 2013/2014.....	56
13	Diâmetro mediano volumétrico dos impactos de gotas coletadas nas posições superior, mediana e inferior e amplitude relativa do dossel de soja cultivar Brasmax Ativa RR, em aplicação de fungicida, no estádio fenológico R3 com diferentes pontas de pulverização em Passo Fundo, RS, 2014/2015.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Porcentagem de penetração da pulverização de gotas (cm^{-2}) e volume de calda (L ha^{-1}) coletados no dossel inferior na aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização em Água Santa/RS, 2013/2014.....	61
2	Porcentagem de penetração da pulverização de gotas (cm^{-2}) e volume de calda (L ha^{-1}) coletados no dossel inferior na aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização em Passo Fundo/RS, 2014/2015.....	61

DESEMPENHO DE DIFERENTES MODELOS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

CLÉBER FRANÇA DURÃO¹

RESUMO - As pontas de pulverização interferem na qualidade do espectro de gotas produzido e na quantidade de calda distribuída por unidade de área pulverizada. Este trabalho teve como objetivo verificar o desempenho de diferentes modelos de pontas de pulverização na deposição de gotas de calda fungicida no dossel da cultura e no controle da ferrugem-asiática da soja. Foram conduzidos dois experimentos: o primeiro na safra 2013/2014, em Água Santa/ RS e o segundo na safra 2014/2015 em Passo Fundo/RS. Foi utilizada a cultivar de soja Brasmax Ativa RR, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de 377.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com onze tratamentos e três repetições cada tratamento. Os tratamentos foram constituídos por dez modelos de pontas de pulverização (jatos cônicos, jatos planos simples, jatos planos duplos, com e sem indução de ar), mantendo-se uma testemunha sem aplicação de fungicidas. As aplicações foram realizadas com um pulverizador portátil pressurizado com CO₂, regulado para aplicar um volume de calda de 150 L ha⁻¹. Durante as aplicações de fungicidas foram utilizados cartões sensíveis à água dispostos em suportes em diferentes posições do dossel das plantas de soja. Para a determinação das urédias cm² da doença foram

¹ Eng. Agr., aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF. Área de concentração em Fitopatologia. cfd.rs@hotmail.com

amostradas quatro plantas quantificando-se em cada folíolo o número de urédias/cm². Em todos os folíolos amostrados foram aleatoriamente marcados quatro pontos de 1,0 cm², para determinar o número de urédias/cm². Com o número de urédias/cm² integralizou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A porcentagem de controle foi obtida comparando-se a AACPD da testemunha com AACPD dos tratamentos. Após a colheita foi determinado o rendimento de grãos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Concluiu-se que nas duas safras agrícolas as pontas Guardian 120015 e Airmix 110015, com característica de gotas médias, proporcionaram maior deposição de calda no dossel (inferior e mediano), maior uniformidade de gotas, menor AACPD e, conseqüentemente, melhor controle da ferrugem da soja.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, controle fitossanitário, deposição de gota.

PERFORMANCE OF DIFFERENT SPRAYING NOZZLE MODELS TO CONTROL SOYBEAN ASIAN RUST

ABSTRACT - Spraying nozzles affect the produced droplet uniformity quality and the amount of spray solution spread per unit in the area. This work aimed to check the performance of different spraying nozzles on the deposition of spray droplets on the plant canopy and the effect on Soybean Asian rust control application. Two experiments were carried out: the first harvest in 2013/2014 in Água Santa/RS and the second one in 2014/2015 in Passo Fundo/RS.

Soybean cultivar Brasmax Ativa RR was used, with 0.45m row spacing and a population of 377,000 ha per plant. The experiment design was in randomized block with eleven treatments and three replications in each treatment. The treatments constitute of ten spraying nozzle models (hollow cone, flat-fan, turbo twin flat-fan and with and without air induction turbo flat-fan), keeping control without fungicide application. Applications were performed with a portable pressure sprayer pressurized by CO₂, regulated to apply a spraying volume of 150 L ha. During fungicide application, water sensitive paper was used in different positions on the soybean canopy. To determine the disease uredines/cm², four plants were sampled to identify in each leaflet the number of uridine/cm₂. In all sampled leaflets, four points with 1.0 cm₂ were randomly marked to determine the uredines number/cm². With the uridine number/cm² the area under the disease progress curve (AUDPC) was integrated. The percentage of control was obtained comparing AUCPC to control with the treatments AUCPD. After harvesting the grain yield was determined. The data were submitted to analysis of variance by Turkey test at 5% probability. It was concluded that in two harvesting seasons the nozzles Guardian 120015 and Airmix 10015 with median spray droplet characteristics showed better spray liquid deposition on the crop canopy (inferior and middle portion), higher droplet uniformity, lower AUDPC and consequently better Soybean Rust control.

Key-words: Spray technology, control phytosanitary, droplet deposition.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é mundialmente caracterizada como um cultivo de grande importância econômica.

A qualidade da produção da cultura depende diretamente do controle de pragas e doenças. Dentre as doenças que ocorrem na cultura, a ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow é considerada a mais agressiva.

A disponibilidade limitada de cultivares de soja resistentes à ferrugem asiática faz com que o manejo da cultura por meio da aplicação de fungicidas seja o principal método de controle da doença (GARDIANO et al., 2010). Diante disso, se faz necessário realizar o controle das doenças com fungicidas, que normalmente demandam diversas aplicações para proporcionar adequada proteção das plantas para que possam expressar o seu potencial de produção.

Neste contexto, a tecnologia de aplicação é fundamental para que a deposição de gotas apresente uniformidade sobre o alvo de interesse. Para isso, a escolha correta da ponta de pulverização a ser utilizada é um dos fatores mais importantes para obter uma aplicação eficiente.

O mercado de componentes para a pulverização oferece novos modelos de pontas de pulverização, que geram gotas com diferentes características. Avaliar características de gotas é primordial, pois o diâmetro das gotas interfere no alvo a ser controlado, e é influenciado pelo modelo de ponta, distância em relação ao alvo, pressão de pulverização, ângulo de inclinação da ponta, tipo de calda e

adjuvantes utilizados na pulverização, entre outros fatores (CÂMARA et al., 2008; QUEIROS et al., 2008).

Com o fechamento do dossel ao longo do desenvolvimento da cultura aumenta a dificuldade para a deposição de gotas das pulverizações de fungicida nas partes mediana e inferior do dossel. Assim, ao longo do ciclo da cultura o controle químico da ferrugem-asiática torna-se mais difícil. Desta forma, este trabalho teve como objetivo verificar o desempenho de diferentes modelos de pontas de pulverização na deposição e penetração de gotas de calda fungicida no dossel da cultura e no controle da ferrugem-asiática da soja e no rendimento de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da cultura da soja

A soja é uma planta da família das Fabaceae, originária da Ásia, tendo como centro de origem a China. É uma das principais culturas na agricultura mundial, sendo cultivada há cerca de cinco mil anos. Já, no Brasil, sua introdução ocorreu no século XVIII e a expansão da área cultivada iniciou a partir da década de 1960 (MUNDSTOK & THOMAS, 2005).

Considerando que a soja apresenta características nutritivas, industriais e adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições climáticas, seu cultivo se expandiu por todo o mundo, constituindo-se na principal leguminosa cultivada atualmente (MARTINS, 2006). Sendo assim, é uma das principais matérias-primas para alimentação humana e animal, pois trata-se de uma excelente fonte proteica (NASCIMENTO et al., 2009). As sementes da soja são utilizadas, ainda, na obtenção de produtos como revestimentos, papel, tintas e biocombustíveis (EMBRAPA, 2014). Dessa forma, a cultura da soja está entre as principais culturas do agronegócio, sendo assim uma das mais importantes “commodities” do Brasil e mundial (EMBRAPA, 2014). A cultura da soja tem contribuído e garantido a sustentabilidade econômica da atividade agrícola no Brasil.

O Brasil é o 2º maior produtor mundial com produção estimada de aproximadamente 102.459,1 milhões de toneladas de grãos produzidos em 33.189,00 milhões de hectares cultivados na safra agrícola 2015/2016 (CONAB, 2016). A expectativa da safra

2015/16 se constituirá na maior da história dessa cultura no Brasil, com acréscimo de aproximadamente seis milhões de toneladas em relação a safra 2014/15. O incremento de produtividade na safra 2015/16, está no aumento da área cultivada com a oleaginosa que representou crescimento de 3,4%, correspondendo a um ganho de 1,96 milhões de hectares sobre a safra anterior. Pode-se dizer que isso tem ocorrido devido ao produto ter sido motivado por bons preços e pela expectativa de mercado futuro.

O Rio Grande do Sul ocupa atualmente a 3ª posição nacional em produção, com 14.770 mil toneladas de grãos em 5.275,0 milhões de hectares, obtendo em média produtividade de 2.800 kg ha⁻¹. Também foram verificados ganhos de produtividade na cultura da soja no Rio Grande do Sul com incremento de produtividade de 1.250 kg ha⁻¹, na década de 1960, para 2.800 kg ha⁻¹ na safra 2015/16 (CONAB, 2016).

O aumento da produtividade somente foi possível devido à profissionalização dos técnicos e produtores rurais, que juntos contribuem para a crescente produção, associada à correta tecnologia aplicada ou através do melhoramento de plantas (EMBRAPA, 2009).

Porém, com a expansão da cultura da soja, constatou-se, paralelamente, o aumento da intensidade de doenças e o surgimento de novas moléstias (COSTAMILAM, 2000; ALMEIDA et al., 2005). Associado a isso, o aumento de área de produção de soja no Brasil, tem contribuído para a maior pressão de pragas e doenças, especialmente a ferrugem-asiática da soja (CHRISTOVAM et al., 2010).

Segundo Di Oliveira (2008), para que a cultura da soja consiga expressar o máximo do seu potencial produtivo, o tratamento fitossanitário se faz necessário.

Dessa forma, para o controle eficiente da ferrugem asiática da soja é de extrema importância o conhecimento científico do agente e tecnológico associado à tecnologia de aplicação.

2.2 Ferrugem-asiática da soja

2.2.1 Ocorrência

A expansão da área cultivada no mundo proporcionou aumento da intensidade das doenças que afetam a soja, sendo que mais de cem espécies de patógenos já foram relatados, dos quais 35 apresentam grande importância econômica (BELEDELLI et al., 2012).

A ferrugem-asiática é a principal enfermidade que ocorre nessa cultura, causando danos significativos (NAVARINI et al., 2007).

O primeiro relato de ocorrência da doença foi em 1902, no Japão. Logo após, sua ocorrência foi relatada em diversos locais do mundo como Austrália, China, Índia, Filipinas, Tailândia, Brasil, Argentina, Bolívia, Uruguai, Paraguai, Porto Rico, Estados Unidos da América do Norte, México, Zimbábue, Nigéria, África do Sul (LEVY, 2005).

É o principal problema fitossanitário da soja, no Brasil, devido à rápida disseminação, os danos ocasionados pela desfolha precoce, o abortamento de flores, vagens e a deficiência na granação contribuem

para redução no rendimento e qualidade dos grãos (ROCHA et al., 2009; NAVARINI et al., 2007).

Na safra agrícola 2000/2001 ela foi identificada pela primeira vez no Brasil, no Paraná. Posteriormente, observou-se a rápida disseminação para outros estados do Brasil. Já na safra 2002, a doença foi relatada em Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo e na safra 2003/04 ocorreu de forma generalizada, em quase todo o país, causando grandes prejuízos, até mesmo perda total pela inviabilidade da colheita (YORINORI et al., 2009; REIS et al., 2002).

A ferrugem-asiática da soja pode causar redução de 75% no rendimento de grãos, gerando enormes prejuízos caso o controle químico não seja efetuado (BALARDIN et al., 2005). Estimam-se perdas médias de 15 a 20% na produção brasileira de soja devido à ocorrência de doenças (EMBRAPA, 2006).

Rotineiramente o produtor tem dado maior prioridade no produto a ser utilizado para o controle da ferrugem e menor importância à forma de utilização do fungicida (BUENO et al., 2011). Segundo Raetano (2007), apesar dos fungicidas serem muito eficazes para o controle da ferrugem da soja, nem sempre apresentam resultados eficientes. Associado a isso, Derksen et al., (2008) reforçaram a dificuldade de promover a satisfatória cobertura das folhas e conseqüentemente o controle da ferrugem da soja no dossel inferior.

2.2.2 Etiologia

A taxonomia do agente causal da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) refere-se ao Reino Fungi, Filo Basidiomycota, Classe Basidiomycetes, Ordem Uredinales, família Phakopsoraceae (SINCLAIR & HARTMAN, 1999).

2.2.3 Ciclo da reação patógeno hospedeiro

O ciclo das reações patógeno-hospedeiro são as fases ou eventos sucessivos que conduzem a ou fazem parte do seu desenvolvimento. Cada fase das reações patógeno-hospedeiro apresenta características próprias e função definida (BERGAMIN FILHO et al., 1995). O agente causal da ferrugem-asiática é caracterizado como biotrófico, dependendo nutricionalmente dos tecidos vivos do hospedeiro para extrair seus nutrientes essenciais a suas atividades vitais.

2.2.4 Disseminação

A rápida disseminação da ferrugem-asiática devido aos uredosporos serem pequenos e leves, podendo ser transportados para lavouras próximas, ou à longa distância, pelo vento e pela massa de ar. Uma vez depositados sobre a superfície foliar do hospedeiro, permanecem em repouso, à espera dos estímulos que conduzem ao processo de infecção (YORINORI et al., 2004; REIS et al., 2006).

Outra situação que favorece a ocorrência da ferrugem é por ser considerada uma doença policíclica, ou seja, o patógeno é

capaz de ter várias gerações num único ciclo do hospedeiro (EMBRAPA, 2007).

2.2.5 Condições ambientais favoráveis à infecção

A espécie *P. pachyrhizi* adapta-se em condições favoráveis, como temperatura entre 15 e 30 °C e em regiões com períodos prolongados de molhamento foliar. Quando essas condições ocorrem simultaneamente, constituem fatores que contribuem diretamente para a ocorrência da doença (BALARDIN, 2004). A intensidade da ferrugem-asiática da soja é fortemente influenciada pelas chuvas ocorridas durante período de desenvolvimento da cultura (DEL PONTE et al., 2006; GODOY et al., 2009).

O ciclo de desenvolvimento da ferrugem inicia-se com a presença dos uredósporos e é favorecido em condições de pelo menos seis horas de molhamento foliar (ALVES et al., 2007; TSUKAHARA et al., 2008).

Yorinori et al. 2004, verificou em experimento realizado em casa de vegetação, que os uredosporos germinam após uma hora em temperatura ambiente 17 a 27 °C. Contudo, para que ocorra a penetração nos tecidos da folha faz-se necessário temperaturas entre 8,0 e 28,0 °C. Sob condições favoráveis, as primeiras lesões podem ser visíveis em quatro ou cinco dias após a incubação.

As primeiras frutificações e o alto potencial de dano estão associados à elevada taxa de progressão da doença, sendo necessários apenas seis a sete dias após a incubação para que o ciclo primário seja completado, dando origem a ciclos secundários de reinfecção, fazendo

com que as urédias rompam-se e liberem os uredósporos (MILES, et al., 2007).

No ciclo de desenvolvimento dos fungos, os uredosporos que são germinados originam um tubo germinativo que penetra nos tecidos foliares diretamente através das células epidérmicas intactas e, de forma menos frequente, pelos estômatos (MAGNANI & ARAÚJO, 2007).

2.2.6 Sintomas

Os sintomas iniciais da doença são pequenas protuberâncias (urédias) predominantemente na superfície inferior da folha, mas podem, esporadicamente, aparecer na superfície superior. Essas podem ser observadas por pequenos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada (JULIATTI & POLIZEL, 2004). Devido ao hábito biotrófico do fungo, as lesões não são facilmente visíveis no início da infecção (HARTMAN et al., 1992).

Progressivamente, as urédias adquirem cor castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro, por onde são liberados os uredósporos que são formas de disseminação do patógeno. Caracterizam-se a formação de lesões angulares devido o crescimento das hifas do fungo, normalmente, restrito às nervuras das folhas (REIS et al., 2006).

Os uredósporos acumulam-se ao redor dos poros, onde posteriormente, são disseminados pelo vento (YORINORI et al., 2004). Este fungo é capaz de permanecer viável em condições naturais

no período de entressafra, sendo favorecido pela presença de plantas voluntárias e hospedeiras.

À medida que prossegue a esporulação o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho claro (lesão do tipo TAN) a castanho-avermelhada (lesão do tipo Reddish Brown - RB), formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha. As urédias que deixaram de esporular apresentam as pústulas com os poros abertos (YORINORI et al., 2004).

2.2.7 Manejo integrado

Devido à falta de cultivares de soja com resistência a ferrugem-asiática, o tratamento químico, com fungicidas, é o principal método utilizado para o controle da doença (GARDIANO et al., 2010; SCHERMA et al., 2009). Esse pode ser o motivo de que o uso de fungicidas tem crescido constantemente.

Pode ser verificado que medidas de manejo são necessárias de forma integrada para o eficiente controle da ferrugem da soja. Portanto, segundo Yorinori & Yuyama (2008), essas práticas envolvem a manutenção do equilíbrio do solo, vazios sanitários, uso de cultivares precoces, semeadura no início da época indicada, espaçamento e densidade de plantas que permitam o máximo de penetração do fungicida no interior do dossel foliar, inspeção contínua da lavoura, aplicação correta de fungicidas, que é obtida pela tecnologia de aplicação empregada.

2.3 Tecnologia de aplicação de defensivos

A tecnologia de aplicação refere-se ao emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionam uma correta colocação dos produtos biologicamente ativos no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, no momento adequado e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). Com isso o objetivo é produzir um espectro de gotas que possibilite um satisfatório equilíbrio entre penetração no dossel, deposição e cobertura de gotas sobre o dossel da cultura (PAULSRUD & MONTGOMERY, 2005). Nesse processo, existem diferenças entre procedimentos, que devem ser conhecidos para que seja viabilizado o controle da doença.

A pulverização é um processo físico-mecânico de transformar uma substância líquida em um grande número de gotas ou partículas, a partir de uma calda preparada para um determinado tratamento fitossanitário (CHRISTOFOLETTI, 2001), podendo ser influenciada pelo tipo de ponta, volume de aplicação e por fatores climáticos (SANTOS, 2002; RAMOS & PIO, 2003). Já, aplicação é o processo de colocar o agrotóxico em determinado alvo, depositando-o no local exato onde a sua ação é necessária (CHRISTOFOLETTI, 2001; CUNHA & PERES, 2010).

Segundo Santos (2014), de maneira geral e sob o ponto de vista técnico, deve-se sempre considerar que uma pulverização é ideal, quando houver uma boa capacidade de deposição e essa deve ser bastante densa e bem distribuída sobre o alvo desejado.

A tecnologia de aplicação de agrotóxicos, infelizmente, é uma das atividades de maior desperdício na agricultura devido à dificuldade de depositar os produtos somente no alvo onde sua ação é necessária (MATTHEWS, 1979). As dificuldades em depositar os produtos fitossanitários nos alvos de interesse persistem até os dias atuais. Apesar dos desperdícios de produtos químicos e riscos ao meio ambiente ocorridos durante a aplicação de defensivos, é possível utilizar técnicas e conhecimento científico que minimizam esses problemas, tornando a aplicação mais eficiente.

Associado a isso, grande parte dos fungicidas sistêmicos registrados apresentam movimentação no sentido da base para o ápice da folha, com mínima chance de ocorrer o processo inverso, não havendo a possibilidade de translocação de uma folha para outra. Esta ação ocorre seguindo o fluxo da transpiração (SOUZA, 2006; ROMÁN et al., 2009).

Desse modo, segundo Román et al (2009) a aplicação de fungicidas deve considerar a necessidade de atingir o terço inferior da cultura, pois as folhas do terço superior que receberem a deposição do fungicida não serão responsáveis pelo controle de doenças do dossel inferior.

Entretanto, muitas vezes os produtores possuem maior interesse em determinar qual o produto fitossanitário a ser aplicado, dando pouca importância para a tecnologia de aplicação.

Devido a isso, além de conhecer os produtos fitossanitários, faz-se necessário determinar a forma adequada de sua aplicação, de modo a garantir que os mesmos alcancem o alvo de

forma eficiente e se reduza o desperdício dos agrotóxicos utilizados (CUNHA et al., 2005).

Além disso, é necessário que seja observado o momento ideal para a aplicação dos produtos, a frequência suficiente de aplicações (intervalos corretos), o volume de calda e o tamanho das gotas ajustados ao alvo e à cultura, possibilitando, dessa forma, uma aplicação com qualidade (CUNHA et al., 2010).

Na cultura da soja, quando as plantas atingem o máximo desenvolvimento vegetativo, que normalmente corresponde ao total fechamento das entrelinhas da cultura, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração e cobertura, mesmo quando forem utilizados nas aplicações os fungicidas sistêmicos (ANTUNIASSI et al., 2004; DERKSEN et al., 2008).

Entretanto, ao longo do desenvolvimento da cultura aumenta o grau de dificuldade para o fungicida atingir o dossel inferior, facilitando desta forma a multiplicação da ferrugem da soja se o controle não for efetuado no início da ocorrência da doença (YORINORI et al., 2009).

Cabe destacar a importância em detectar a presença da ferrugem asiática da soja nas plantas o mais cedo possível, para obter um controle satisfatório uma vez que o patógeno progride rapidamente de modo que aplicações de fungicidas devem ser programadas com antecedência (DORRANCE et al., 2011).

Na aplicação de fungicida, deveram ser observados a tecnologia de aplicação e os aspectos do ambiente, destacando-se a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a

presença de orvalho e a ocorrência de chuvas logo após as aplicações (BOLLER et al., 2011).

Outro aspecto que muitas vezes passa despercebido é a modificação das condições do alvo em decorrência da sua fenologia.

Ademais, para manter o nível de cobertura sobre o alvo de interesse, faz necessário que a tecnologia de aplicação seja adequada conforme o aumento da área foliar da cultura (EMBRAPA, 2016).

2.4 Pontas de pulverização

O mercado de componentes para a pulverização oferece novos modelos de pontas de pulverização que geram espectros de gotas com diferentes características e conferem variada capacidade de cobertura do alvo de interesse.

Das partes constituintes do pulverizador, a ponta de pulverização é a mais importante, por ser a responsável pela formação e distribuição das gotas (BAUER & RAETANO, 2004; FERREIRA et al., 2007). A ponta determina a vazão e a qualidade da pulverização (NASCIMENTO et al., 2009). Portanto, faz-se necessário a escolha correta das pontas e das técnicas de aplicação do fungicida (CUNHA & PERES, 2010).

As pontas de pulverização, juntamente com as peneiras fazem parte dos componentes do bico. Nos bicos, o líquido sob pressão (fonte de energia potencial para a formação das gotas), passa pela peneira e por fim pelo orifício da ponta, produzindo uma película que vai aumentando gradativamente a sua superfície e conseqüentemente diminuindo a espessura até romper-se em pequenas gotas, meio do qual a calda é fragmentada em gotas (MATUO et al.,

2005). Esse conjunto é composto de várias partes, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido.

Bicos com pontas desgastadas, irregulares ou inadequadas na aplicação de defensivos são responsáveis por perdas de até 50% do defensivo utilizado, gerando desta forma aumento no custo, devido a reaplicações que se fazem necessárias. Isso pode gerar conclusões equivocadas sobre a eficácia do produto, favorecendo o surgimento de resistência dos fitopatógenos aos produtos aplicados, além contribuir negativamente com a poluição ao meio ambiente (SANTOS, 2002).

Durante as pulverizações com pontas e equipamentos adequados, um pequeno deslocamento lateral das gotas (não podendo exceder 10%) não deverá ser considerado como deriva prejudicial, já que representa a fração das gotas muito finas em consequência do processo físico de geração das gotas pelas pontas, além de necessário para que se obtenha o recobrimento adequado das faixas de deposição, melhor uniformidade e homogeneidade da pulverização (SANTOS, 2002).

Em condições de trabalho adversas, até 70% dos produtos fitossanitários pulverizados nas lavouras podem ser perdidos por falta de atenção na aplicação (ANDEF, 2004).

As pontas de pulverização são essenciais para obter a qualidade nas aplicações dos produtos fitossanitários, podendo gerar tanto resultados positivos como tornar uma pulverização ineficiente para o objetivo desejado (BOSCHINI, 2006).

Nuyttens et al (2011) relatam que na aplicação de defensivos na agricultura atual há perda parcial do produto aplicado

no ambiente em decorrência da má qualidade da aplicação, gerando desta forma, um dos maiores problemas a serem enfrentados.

Devido a isso se faz necessário definir o espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização, para evitar problemas de deriva, risco de volatilização e escorrimento de calda no momento da aplicação do fungicida.

Dessa forma, para realizar o controle da ferrugem da soja é fundamental que o jato de pulverização tenha características que proporcionem uma cobertura de gotas homogênea, permitindo que o produto aplicado atinja o terço inferior do dossel da soja (NASCIMENTO et al., 2013) e proporcione espectro de gotas adequado (NUYTTENS et al., 2007).

Normalmente, o tamanho de gotas geradas pelas pontas de pulverização segue uma distribuição uniforme, porém podem ser produzidos espectros de gotas finas, médias e grossas por uma única ponta (BUENO et al., 2013).

O espectro de gotas produzido pelas pontas jato cônico vazio e de jato plano é bastante diferente, sendo que, a maior diferença entre estas, são que as pontas de jato cônico vazio produzem maior porcentagem de gotas pequenas (MATTHEWS, 2000; STAINIERA et al., 2006).

Portanto, uma das estratégias para obter melhor cobertura e deposição do ingrediente ativo sobre os alvos é a seleção correta das pontas de pulverização (BARRÊTO, 2011).

Convencionalmente, são mais utilizadas a campo as pontas de pulverização de jato plano simples e jato plano simples inclinado com indução de ar, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes

situações (OLIVEIRA et al., 2010). No entanto, Costa (2013) e Christovam et al. (2010), comparando pontas de energia hidráulica e bicos de energia centrífuga, constataram maiores valores de depósito e níveis de controle da ferrugem-asiática da soja, com pontas de energia hidráulica.

Já, as pontas com indução de ar, apresentam características de produzirem gotas com maior tamanho e menor porcentagem de gotas finas. Isso é devido ao sistema Venturi, presente nestas pontas, combinado ao pré-orifício, que permite a formação de gotas com espectro de maior tamanho, com pequenas bolhas de ar em seu interior (NUYTTENS et al., 2007). Nesse sentido, as pontas com indução de ar têm sido bastante incentivadas, pelo potencial de redução de deriva e boa eficácia em vários tratamentos (KNEWITZ et al., 2002).

Porém, determinados modelos de pontas de pulverização que apresentam o sistema com indução podem gerar espectro de gotas muito grossas, diminuindo a eficácia da aplicação. Dessa forma, devem ser utilizadas criteriosamente (CUNHA et al., 2008).

As pontas de “jato cônico”, em que o jato do pulverizador sai na forma cônica, que pode ser vazia (a deposição das gotas concentra-se somente na periferia do cone, não havendo gotas no centro) ou cheia (as gotas atingem uniformemente a área pulverizada), podendo ser da série X ou da série D. Porém, em virtude de problemas com deriva ocorrido com estes modelos, seu uso tem sido bastante restrito, principalmente em regiões de vento intenso (CUNHA et al., 2008).

Já, as pontas de jato plano defletor duplo e as pontas de jato plano duplo com pré-orifício, geram espectros de gotas médias,

que apresentam boa capacidade de penetração no dossel e são gotas menos suscetíveis à deriva do que as gotas de espectros de gotas finas, e com maior capacidade de cobertura do que o espectro de gotas grossas (CUNHA et al., 2008).

Existe, também, a ponta de “jato plano de impacto”, em que o jato líquido bate em um plano inclinado, abrindo-se na forma de leque, operando com baixa pressão (100 kPa).

Recentemente, foram lançadas as pontas de jato plano de impacto duplo e o corpo de bico duplo, visando a colocação de duas pontas de pulverização com angulação de 90°. Estas possibilitam uma melhora na penetração, pois ambas produzem um jato para frente e outro para trás (CUNHA et al., 2011a).

Pontas que produzem gotas finas e leves quando utilizadas em barras de pulverização proporcionam maior depósito no interior do dossel das culturas. No entanto, essas pontas geram gotas mais sujeitas a perdas por deriva e evaporação (CUNHA et al., 2006).

Os fatores climáticos apresentam grande influência sobre gotas menores que 100 μm , pois estas são facilmente carregadas pela ação do vento (MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000).

Em função disso, Bueno et al (2013) relataram que para evitar implicações negativas, quando são utilizadas pontas de jatos cônicos vazios devem ser adotados critérios, tais como: temperatura do ar menor que 30 °C, umidade relativa maior que 55% e vento com velocidade abaixo de 12 km h⁻¹.

Por outro lado, tem-se tentado utilizar pontas que produzem gotas maiores, como as de jato plano com pré-orifício e até as de jato plano com indução de ar. Essas, no entanto podem

comprometer a cobertura, havendo maior dificuldade de penetração entre as folhas, em virtude das gotas serem de maior tamanho (CUNHA et al., 2008) bem como, as plantas poderão ter dificuldade em relação à retenção e absorção da calda da aplicação (CUNHA et al., 2006). Consequentemente, poderá haver menor controle de doenças (CUNHA et al., 2008).

Em estudo conduzido por Ozkan et al. (2006), utilizando diferentes pontas de pulverização, visando ao controle da ferrugem da soja, as pontas de jato plano, com características de gotas média, proporcionaram as melhores condições de cobertura no dossel da cultura da soja, em relação as de jato plano duplo e jato cônico vazio.

Resultados semelhantes foram obtidos em pulverização com várias pontas em cultivares de soja no estágio R1, onde a deposição de calda de fungicida, também não proporcionou bom desempenho, na parte basal, com o emprego de gotas finas em ponta de jato cônico TX-6 com volume de calda de 150 L ha⁻¹ (FARINHA et al., 2009).

Dessa forma, pode ser verificado que as pontas que produzem gotas médias apresentam a melhor tendência de cobertura de calda de pulverização e sofrem menor interferência das condições meteorológicas (CUNHA et al., 2014).

Portanto, é fundamental escolher a ponta de pulverização, com base no tamanho de gota adequado ao alvo a ser atingido. Antuniassi et al. (2005) sugeriram ajustar o tamanho das gotas de pulverização de fungicidas em função das condições climáticas, conforme pode ser verificado na (Tabela 1) .

Tabela 1 - Sugestões de tamanhos de gotas em função da temperatura e da umidade relativa do ar

Fator	Gotas finas	Gotas médias	Gotas grossas
Temperatura	Abaixo de 25 °C	25 °C até 28 °C	Acima de 28 °C
URA *	Acima de 70%	60% até 70%	Abaixo de 60%

*URA = Umidade relativa do ar. Fonte: Antuniassi et al (2005).

Segundo Raetano (2007), a ferrugem da soja inicia o processo infeccioso no terço inferior do dossel da cultura da soja. Desta forma, a penetração de gotas no interior do dossel é primordial para o controle da doença.

Há necessidade de estabelecer para os fungicidas atualmente em uso uma recomendação de quantidade mínima de gotas/cm², para que o produto fitossanitário expresse a sua eficácia de controle. Nesse sentido, alguns autores indicam que a cobertura mínima para os fungicidas móveis seja de 30 a 40 gotas/cm² e o tamanho das gotas de 200 a 300 µm (MÁRQUEZ, 1997; VÁSQUES MINGUELA & CUNHA, 2010).

Quanto à tecnologia de aplicação, Antuniassi (2007) afirma que se devem preferir sempre as aplicações preventivas com gotas finas ou muito finas maximizando a cobertura foliar de todas as plantas e das partes baixas. O mesmo autor sugere ainda que para aplicações curativas “tardias” sejam empregadas gotas médias, haja vista que as folhas do terço inferior estão comprometidas e com esse tamanho de gota facilitará a deposição nas folhas dos terços médio e superior.

Em trabalho conduzido por Cunha et al., (2014), utilizando 13 modelos de pontas de pulverização, com características

de gotas (finas, médias e grossas), observou-se que as pontas que produziram gotas médias são mais indicadas para o controle da ferrugem asiática da soja, em função sofreram menor intensidade de deriva e evaporação e demonstraram tempo de vida superior às gotas finas, bem como apresentaram capacidade de cobertura do alvo superior às gotas grossas.

Por outro lado, a utilização de pontas que produzem gotas finas na aplicação de defensivos, implicará em maior risco de contaminação ambiental e humana em função da deriva (NUYTTENS et al., 2007; CUNHA et al., 2014). Desse modo, a tecnologia de aplicação torna-se uma ferramenta muito importante para a correta aplicação de defensivos.

2.5 Cobertura, depósito e espectro de gotas

O método mais utilizado e representativo para se entender os espectros de gotas de pulverização se dá através do depósito de gotas (DERKSEN et al., 2012; YASIN, 2012).

Para proceder à avaliação (cobertura, depósito de gotas, espectro de gotas e sua distribuição no dossel da cultura), na aplicação poderão ser utilizados alvos artificiais colocados próximos aos alvos verdadeiros, onde os impactos das gotas são amostrados e posteriormente analisados, com o auxílio de lupas ou de programas computacionais apropriados (AgroScan[®], e-Sprinkle[®], CIR[®], Conta Gotas e outros). Esse procedimento é o mais fácil de realizar conforme Antuniassi (2006).

A caracterização das gotas pode ser determinada ainda com equipamentos mais sofisticados (como raio *laser*, por exemplo),

onde são fornecidos todos os dados sobre as gotas produzidas, porém estes equipamentos apresentam custos elevados, tornando seu uso restrito a alguns laboratórios especializados, existindo apenas um em uso, na cidade de Jaboticabal - SP.

A análise dos depósitos da pulverização também poderá ser realizada utilizando substâncias marcadoras tais como: corantes alimentícios; íons metálicos e pigmentos fluorescentes. A combinação com o alvo de amostragem fornece a concentração do marcador recuperado por unidade de área (equivalente ao ingrediente ativo), podendo ser expressa em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ ou $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$. Porém, a eficiência deste método é dependente de outros fatores, ou seja, da estabilidade da substância marcadora às condições ambientais e do coeficiente de extração, levando em conta a interação alvo-marcador (CERQUEIRA et al., 2012).

Devido à aplicação do agroquímico apresentar distribuição irregular sobre o dossel das plantas, as diferenças apontadas entre os depósitos obtidos geralmente dependem da parte da planta amostrada (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; FARINHA et al., 2009), sendo imprescindível que as amostragens sejam feitas em diferentes pontos do dossel das plantas para a obtenção de conclusões mais específicas sobre os efeitos dos tratamentos.

Em análises de aplicações comerciais e experimentais que dispensam o uso de corantes, são utilizados os cartões hidrossensíveis (ANTUNIASSI, 2006). Os papéis sensíveis à água são usados há mais de trinta anos (BAESSO et al., 2014).

A utilização de cartões hidrossensíveis mostra-se como uma técnica simples, rápida e viável e por esses motivos vem sendo

empregada por diversos pesquisadores para avaliar a cobertura e o espectro de gotas das pulverizações (HOFFMANN & HEWITT, 2005). Porém, a utilização dos cartões hidrossensíveis requer pequenos cuidados, pois a umidade relativa do ar, o orvalho e a própria umidade da mão do operador podem marcar o papel, podendo prejudicar a interpretação dos resultados gerados. Esse método de avaliação permite a obtenção da cobertura da pulverização expressa em número de gotas cm^{-2} , porcentagem da área coberta, espectro das gotas formadas e tamanho de gotas individuais.

Apesar das características positivas do método de avaliação de cobertura por papéis hidrossensíveis, algumas limitações devem ser levadas em conta, como a menor precisão na determinação do tamanho de gotas, principalmente gotas muito finas, estando esta característica relacionada a resolução do *scanner* utilizado na avaliação (ZHU et al., 2011).

Por outro lado, o espectro de gotas, interfere na capacidade de penetração e distribuição da calda no dossel da cultura, bem como nas perdas por deriva, evaporação e risco ambiental (FAROOQ et al., 2001).

Para alcançar aplicações com maior eficiência, o estudo do depósito e cobertura da calda pulverizada é essencial para avaliação da efetividade da aplicação no campo, reduzir falhas no controle e contaminação ambiental (FAROOQ et al., 2001; YU et al., 2009).

Estes métodos são importantes quando se objetiva monitorar e avaliar a qualidade e a segurança de um tratamento, pois com diâmetro das gotas produzidas é possível adequar a tecnologia de aplicação ao controle que se deseja obter (RUAS et al., 2009).

Segundo Ferreira (2010), gotas com diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 300 μm ou maiores, tendem a escorrer da superfície foliar, especialmente em espécies que apresentam folhas cerosas. Essas gotas de pulverização podem ser espalhadas nas folhas, podem ser retidas, refletidas ou fragmentarem-se em gotas menores, sendo desta forma dependentes principalmente de seu tamanho, velocidade do impacto, propriedades físico-químicas intrínsecas à calda e da característica da superfície foliar onde as mesmas são depositadas.

Por outro lado, o espectro de gotas deve ter um DMV suficiente para depositar-se sobre o alvo de interesse, sem que ocorra a evaporação da calda aplicada (YU et al., 2009).

Wolf & Daggupati (2009) conduziram trabalho comparando vinte pontas de pulverização com características de gotas finas, médias e grossas, avaliando a penetração de gotas no dossel da soja. Os autores observaram que em nenhum tratamento a cobertura no terço inferior das plantas ultrapassou 10% da área foliar.

O controle ineficiente da ferrugem da soja, mesmo utilizando produtos sistêmicos, é reflexo da cobertura insuficiente do alvo proporcionada por aplicações de fungicidas pouco uniformes, principalmente no dossel inferior da cultura (CUNHA et al., 2014).

O depósito, a cobertura e o espectro de gotas podem ser considerados três dos principais componentes em uma pulverização (CÂMARA et al., 2008; CUNHA et al., 2011b). Esses atributos são de extrema importância para ser quantificados, a fim de se avaliar a eficiência de pulverizações visando ao controle de pragas e de doenças (YU et al., 2009).

Para a aplicação de agrotóxico, a necessidade de avaliar a uniformidade da calda de pulverização para obter uma satisfatória deposição sobre o alvo de interesse.

A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho das gotas. Desta forma, gotas homogêneas apresentam valores de amplitude reativa tendendo à zero. Quanto maior o valor da amplitude relativa, mais heterogêneo é o espectro da pulverização, ou seja, maior será a faixa de tamanho de gotas pulverizadas (BAESSO et al., 2014).

A distribuição desuniforme da calda de pulverização ocasionará o controle insuficiente, pois o volume de ingrediente ativo mínimo exigido não chegará ao alvo de interesse (CORDEIRO, 2001).

Apesar disso, verifica-se que neste sentido ainda existe grande carência de informações no meio Agrônomo, sobre espectro de gotas, depósito e cobertura para as aplicações terrestres de fungicidas e conseqüentemente para o controle da ferrugem da soja.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrições gerais

Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro foi desenvolvido na safra 2013/2014 e o segundo na safra 2014/2015.

Na safra de verão 2013/2014, o experimento foi conduzido no período de janeiro a maio de 2014, correspondendo ao período denominado como safrinha para a cultura da soja. O experimento foi realizado na Estação Experimental da Empresa Seeds - Pesquisa e Planejamento Agrícola, localizada no município de Água Santa - RS, com as seguintes coordenadas geográficas (latitude S 28°10', longitude O 52° 02' e altitude 650 m acima do nível do mar).

Na safra 2014/2015, o experimento foi conduzido no período de novembro de 2014 a março de 2015 na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo - RS, com as seguintes coordenadas geográficas (latitude 28° 12' S e 52° 23' W, longitude 52° 23' W e altitude média de 700 m acima do nível do mar).

Os dois locais situam-se na região fisiográfica do Planalto Médio do RS e se caracterizam por clima subtropical úmido (Cfa) com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Húmico (STRECK et al., 2008).

Durante a realização dos ensaios foi anotados a precipitação pluvial, a temperatura, umidade relativa do ar e dias com ocorrência de chuva (Tabelas 2 e 3). As precipitações ocorridas na safra 2013/2014 foram bem distribuídas no período com acumulado

de chuvas de 931 mm, totalizando 68 dias com ocorrência de chuva. A temperatura variou entre 15 e 23 °C e a umidade relativa média do ar ficaram entre 72 e 82% (Tabela 2).

Tabela 2 - Precipitação pluvial acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e dias com chuva, registradas durante o desenvolvimento da cultura da soja em Água Santa, RS, 2013/2014

Mês	Condições climáticas			
	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura média do ar (°C)	U.R. média (%)	Dias com chuva
Janeiro	194	23	75	14
Fevereiro	142	23	72	18
Março	236	20	76	14
Abril	137	18	76	6
Maio	222	15	82	16
Acumulada* ou médias**	931*	20**	76**	68

Fonte: Embrapa Trigo (2016).

Ao longo do período de condução do experimento na safra 2014/2015 as precipitações mensais acumuladas diminuíram gradativamente, sendo que a maior ocorreu no mês de janeiro, correspondendo a 333 mm, chegando a 44 mm em março de 2014 . O total acumulado no período foi de 840 mm, totalizando 64 dias com ocorrência de chuva. A temperatura média registrada foi de 22 °C e a umidade relativa média ficou em 74% no período do experimento (Tabela 3). Cabe destacar que no dia 25/03/2015 foi realizado a colheita da cultura da soja, não comprometendo desta forma o rendimento da cultura em função da redução da precipitação no mês de março (Tabela 3).

Tabela 3 - Precipitação pluvial acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e dias com chuvas registradas durante o desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, 2014/2015

Mês	Condições climáticas			
	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura média do ar (°C)	U.R. média (%)	Dias com chuva
Novembro	144	21	65	13
Dezembro	208	22	73	15
Janeiro	333	22	80	19
Fevereiro	112	22	78	12
Março	44	21	73	5
Acumulada* ou médias**	840*	22**	74**	64

Fonte: Embrapa Trigo, 2016.

A escolha da cultivar de soja foi de acordo com a indicação técnica de soja para o sul da América do Sul. Em ambos os experimentos foi utilizada a cultivar Ativa RR (Brasmax[®]), (Tabela 4).

Tabela 4 - Características botânicas e agronômicas da cultivar de soja Ativa RR (Brasmax[®])

Características	Descrição
Hábito de crescimento	Determinado
Grupo de maturação	5.6
Ciclo	Super precoce
Cor da flor	Roxa
Cor da pubescência	Cinza
Potencial de rendimento	Alto

3.2 Implantação dos experimentos

Após a análise do solo, procedeu-se a adubação de base, distribuído na linha de semeadura 250 kg ha^{-1} de fertilizante da fórmula N-P₂O₅-K₂O 04-30-10 em ambos os experimentos. Na safra 2013/2014 foi aplicado 120 kg/ha de cloreto de potássio (KCl), aplicado a lanço estágio V5 - quinto nó, quarto trifólio aberto, escala Ritchie et al. (1982) adaptada por Yorinori (1996), conforme a demanda solicitada pela análise de solo, suprimindo a necessidade do solo e da adubação de manutenção da cultura.

Nos dois anos agrícolas a semeadura foi realizada sob sistema de plantio direto, sob restos culturais de trigo nos dias 06/01/2013 (safra 2013/2014) e 03/11/2014 (safra 2014/2015), à profundidade média de 0,05 m, utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entrelinhas, densidade de 18 sementes por metro e estande final de 377.000 plantas de soja ha^{-1} aproximadamente.

As unidades experimentais foram compostas na safra 2013/2014 por cinco fileiras de cultivo, espaçadas entre si por 0,45 m, e com comprimento de cinco metros, perfazendo uma área útil de $11,25 \text{ m}^2$. Já, na safra 2014/2015 as unidades experimentais foram constituídas de sete fileiras de cultivo, espaçadas entre si em 0,45 m, e com comprimento de cinco metros, perfazendo área útil de $15,75 \text{ m}^2$. A diferença do número de fileiras de cultivo utilizado nos dois ensaios ocorreu devido à disponibilidade de área no ano de condução dos mesmos. Em ambos os experimentos foram utilizados para cada ano agrícola onze parcelas por bloco, resultando em 33 parcelas.

O delineamento experimental em ambos os anos agrícolas foi o de blocos ao acaso com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por uma testemunha sem aplicação do fungicida por bloco e por dez diferentes modelos de pontas de pulverização (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição dos tratamentos, modelos de pontas de pulverização, categorias de gotas e diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas produzidas

Modelo de ponta	Tipo de ponta e de jato	Categorias das gotas*	DMV**
JA-2	Cônico Vazio	Muito Fina	< 100 µm
110 DB 0,15	Plano Duplo	Muito Fina	< 100 µm
DGTJ- 60 110015	Plano Duplo com Pré-Orifício	Fina	100 - 175 µm
XR110015	Plano Simples	Fina	100 - 175 µm
110015-BD	Plano com Pré-Orifício	Fina	100 - 175 µm
TT 110015	Plano de Impacto	Média	175 - 250 µm
GUARDIAN 120015	Plano com Pré-Orifício	Média	175 - 250 µm
AIRMIX 110015	Plano com Indução de Ar	Média	175 - 250 µm
GUARDIAN AIR 120-015	Plano com Indução de Ar	Grossa	250 - 375 µm
110 DB 1,5 AIR	Plano Duplo com Indução de Ar	Muito Grossa	375 - 450 µm

* Informações do fabricante, com base na norma ASAE S-572 (ASAE, 2000);

** Diâmetro mediano volumétrico (µm).

Imediatamente antes da semeadura, as sementes receberam tratamento químico, em ambos os experimentos: Tiram 200 g i.a. L⁻¹ (Vitavax[®]) na dose de 0,5 g i.a. kg⁻¹ de semente, inseticida

Fipronil 250 g i.a. L⁻¹ (Standak® 250 SC) na dose 0,25 g i.a. kg⁻¹ de semente, procedimento realizado com máquina própria para esta finalidade.

O controle das plantas daninhas em ambos os experimentos foi realizado com três aplicações de glifosato 720 g i.a. kg⁻¹ (Roundup WG®), sendo uma destas em pré-semeadura e duas em pós emergência da soja, de forma semelhante em toda a área, na dose de 720 g. i.a aplicação.

3.3 Condução dos experimentos

Para verificar o efeito da tecnologia de aplicação no controle da ferrugem da soja, a necessidade e o número de aplicações de fungicida foram determinados em função da presença da doença na área, efeito residual do produto e condições meteorológicas favoráveis para o desenvolvimento da doença. Foi necessário realizar quatro aplicações de fungicida.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂ a pressão constante, com barra de 2,0 m, equipada com quatro bicos, espaçadas em 0,5 m entre si, conduzida à altura de 0,5 m acima do ápice das plantas. A pressão de trabalho na barra, foi de 300 kPa, atendendo desta forma a pressão indicada pelos fabricantes das pontas de pulverização utilizadas neste estudo. A taxa de aplicação em todos os tratamentos foi calibrada para 150 L ha⁻¹ e a velocidade de deslocamento de 1,5 m s⁻¹ (5,4 km h⁻¹).

Os tratos culturais e aplicações de inseticidas foram realizados de acordo com as recomendações indicadas para a cultura

da soja (EMBRAPA, 2014). O fungicida utilizado nos experimentos foi trifloxistrobina 70 g i.a L⁻¹ + protioconazol 60 g i.a L⁻¹ (Fox[®]), com adição de um adjuvante composto por éster metilado de óleo de soja 270 g i.a L⁻¹ (Áureo[®]). Em cada uma das aplicações, a dose do fungicida foi de 0,40 L ha⁻¹ e do adjuvante 0,25 L ha⁻¹ de produto comercial, na mesma dosagem.

Durante as aplicações de fungicidas, foram realizadas leituras e registros das condições do ar, utilizando-se um termo-higroanemômetro, marca Kestrel[®] 3000 (Tabela 6). A escolha do horário das aplicações foi em função das condições meteorológicas propícias para as aplicações do fungicida e evitando os horários mais amenos, como nas primeiras horas da manhã, pois a umidade presente sobre o dossel da cultura poderia causar danos aos papéis hidrossensível comprometendo a análise e a estimativa do espectro de gotas.

Em ambos os experimentos, a primeira aplicação foi realizada no estágio vegetativo, quando confirmados os primeiros sintomas da doença no dossel inferior, ou seja, com incidência entre 1,0 e 3,0%. Neste momento ainda não havia ocorrido o total sombreamento das entre linhas da cultura. Na safra 2013/2014 na primeira aplicação de fungicida, verificou-se a presença da ferrugem no dossel inferior e superior diferentemente da safra 2014/2015, onde a presença da ferrugem no momento da primeira aplicação estava presente apenas no dossel inferior, isso devido a menor pressão da doença nesta safra, em virtude da semeadura antecipada.

Na segunda, terceira e quarta aplicação de fungicida o fechamento das entre linhas pela soja era total, estando presente a

ferrugem no dossel inferior e superior na safra 2013/2014. Já na safra 2014/2015, a ferrugem estava presente no dossel inferior e superior apenas a partir da terceira aplicação de fungicida.

Tabela 6 - Condições do ar observadas durante as pulverizações de fungicida realizadas visando ao controle da ferrugem-asiática da soja em Água Santa/RS e Passo Fundo/RS. 2013/2014 e 2014/2015

SAFRA 2013/2014 - Água Santa/RS						
Aplicações	EF	Horário	Temp. (°C)	U.R. (%)	V.V. (m s ⁻¹)	
Primeira	17/02/2014	V7	10:00	28	53	6
Segunda	14/03/2014	R3	10:00	26	55	6
Terceira	25/03/2014	R5.5	17:00	19	58	7
Quarta	12/04/2014	R7.1	17:30	20	58	7
SAFRA 2014/2015 - Passo Fundo/RS						
Aplicações						
Primeira	16/01/2015	V9	15:00	24	62	6
Segunda	31/01/2015	R3	09:36	27	72	7
Terceira	21/02/2015	R5.5	10:45	26	84	8
Quarta	08/03/2015	R7.1	16:00	24	63	8

EF - Estádio fenológico da planta de soja com base na escala RITCHIE et al. (1982) adaptada por YORINORI (1996). Temp. - Temperatura do ar. U.R. - Umidade relativa do ar. V.V. - Velocidade do vento.

3.4 Avaliações

3.4.1 Controle da ferrugem-asiática da soja

A partir do estágio fenológico V4, foram realizados levantamentos semanais para o monitoramento da ferrugem da soja. Foram realizadas amostragens compostas por dez plantas coletadas aleatoriamente na área dos experimentos, antes da primeira aplicação de fungicida.

Os folíolos foram levados ao laboratório, para serem observados a presença da ferrugem na soja através de microscópio. Posteriormente, procedeu-se a contagem do número total de folíolos (NTF). Desse total foi observado o número de folíolos doentes (NFD), para posterior cálculo da percentagem de incidência foliolar $((NFD/NTF) \times 100)$. Quando confirmados os primeiros sintomas da doença, ou seja, incidência entre 1,0 e 3,0% procedeu-se a primeira aplicação de fungicida.

As avaliações para quantificar as urédias da ferrugem da soja, foram realizadas a partir do aparecimento dos primeiros sintomas, totalizando sete avaliações na safra 2013/2014 (08/03/14, 15/03/14, 22/03/14, 29/03/14, 05/04/14 e 12/04/14, 18/04/14) e sete avaliações na safra 2014/2015 (13/01/15, 23/01/15, 31/01/15, 14/02/15, 21/02/15, 28/02/2015 e 08/03/2015).

Em todas as datas foram coletadas quatro plantas por parcela localizadas na área útil da parcela experimental, destacando-se todos os folíolos, separando-se em dossel superior e dossel inferior. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, para posterior avaliação do número de urédias por cm^{-2} , com auxílio de um microscópio estereoscópico com aumento de 40 vezes. Em ambos os experimentos foram realizadas avaliações com intervalos de sete dias entre cada avaliação.

Em todos os folíolos amostrados foram aleatoriamente marcados quatro pontos de $1,0 \text{ cm}^{-2}$, para obter o número médio de urédias cm^{-2} , a partir de contagens em área pré - determinada do folíolo. O somatório do número de urédias cm^{-2} de todos os folíolos

doentes foi dividido pelo número total de folíolos da amostra, sendo considerado como urédias cm^{-2} da parcela.

As plantas que não foram avaliadas no mesmo dia da coleta foram acondicionadas em geladeira à temperatura de 5,0 °C e avaliadas posteriormente com microscópio estereoscópico.

Os valores de urédias cm^{-2} e os respectivos valores médios dos folíolos amostrados em cada parcela permitiu realizar a integralização da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), variável estatística utilizada em fitopatologia para diferenciar o efeito de tratamentos. Esta variável foi obtida separadamente para o dossel superior e inferior da cultura da soja, com o auxílio da equação descrita em Campbell & Madden (1990):

$$\text{AACPD} = \sum [(y1 + y2)/2] \times (t2 - t1)$$

Onde: $y1$ e $y2$ são o número de urédias da ferrugem por cm^2 de folha, nos tempos $t2$ e $t1$

$t2$ e $t1$ são as datas de duas leituras de severidade consecutivas

A porcentagem de controle foi calculada comparando-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da testemunha com (AACPD) dos tratamentos (pontas de pulverização).

3.4.2 Espectro das gotas da pulverização: cartões hidrossensíveis

A análise do espectro das gotas pulverizadas (características de gotas e diâmetro mediano volumétrico), utilizadas nos experimentos foi classificada, conforme norma da American Society of Agricultural Engineering (ASAE S-572) (ASAE, 2000).

O diâmetro mediano volumétrico (DMV 0,5) refere-se ao diâmetro da gota (μm), tal que 50% do volume aspergido é composto por gotas de diâmetro inferior a ele e outros 50 % por gotas com diâmetro superior a ele.

De acordo com Viana et al. (2010), o DMV e a porcentagem de gotas menores que 100 μm são as variáveis de maior importância para a caracterização da população das gotas pulverizadas, pois em conjunto destes parâmetros definem o tamanho de gotas, a homogeneidade e o potencial de deriva das gotas produzidas pelas pontas de pulverização.

Portando, a estimativa do DMV é importante ferramenta para obter informações do tamanho de gotas que são capazes de vencer a barreira física da cobertura da soja, para atingir o alvo de interesse no dossel inferior da cultura.

Para proceder às avaliações da cobertura e do espectro de gotas da pulverização nos dois anos de experimentação foram utilizados três cartões hidrossensíveis por tratamento, dispostos em suporte metálico nas diferentes posições do dossel das plantas de soja (inferior, mediano e superior), totalizando desta forma nove repetições por tratamento. Foi adequada a altura dos papéis hidrossensíveis em

relação ao solo, conforme a estatura da cultura, mantendo-se assim, o padrão de coleta por terço.

Os suportes foram fixados na entrelinha, tomando-se cuidado para evitar danos às plantas vizinhas, antes de cada aplicação de fungicida, tentando simular ao máximo a realidade das plantas no campo. No dossel superior os suportes metálicos e os cartões hidrossensíveis foram fixados na altura acima das plantas e mantidos na posição horizontal. Os mesmos foram retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada, identificados e acondicionados em papel higiênico para mantê-los isolados da exposição à umidade.

Em seguida, as imagens dos cartões hidrossensíveis foram digitalizadas em escâner de mesa, com resolução de 1200 dpi, e submetidos à análise através do software CIR 1.5®, obtendo-se as estimativas do diâmetro mediano volumétrico (μm) dos impactos das gotas, número de impacto de gotas cm^{-2} , volume de calda recuperado no cartão (L ha^{-1}) e percentagem de área coberta nos cartões.

Conforme Matuo (1990), esse tipo de *software* fornece a informação da porcentagem de área coberta pelas gotas através do contraste de cores entre a área intocada do papel e a mancha proporcionada pela gota depositada sobre o mesmo.

As avaliações do espectro de gotas, para obter a amplitude relativa, utilizando-se a seguinte equação:

$$AR = D_{v0,9} - D_{v0,1} / D_{v0,5}$$

em que:

Dv0,1 = diâmetro da gota, para o qual 10% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior a ele (μm);

Dv0,5 = diâmetro da gota, para o qual 50% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior ou maior a ele, (μm), também conhecido como diâmetro mediano volumétrico (DMV); e

Dv0,9 = diâmetro da gota, para o qual 90% do volume pulverizado apresenta gotas de diâmetro inferior a ele, (μm).

Os procedimentos foram realizados nas aplicações de fungicidas no estádio fenológico R3, em ambas as safras. Para estimativa do AR dos tamanho dos impactos de gotas nos cartões sensíveis localizados no dossel superior.

Já a percentagem de penetração das gotas, no terço inferior foi calculada comparando-se as densidades de gotas depositadas nestes terços em relação à densidade de gotas depositadas no terço superior das plantas de soja.

3.4.3 Componentes do rendimento de grãos

A colheita dos grãos de soja na safra 2013/2014 foi efetuada no dia 03/05/2014 e foi realizada pela remoção manual de todas as plantas presentes nas três linhas centrais por cinco metros de comprimento, totalizando uma área útil de $6,75 \text{ m}^2$ por parcela e em seguida procedeu-se a trilha, com uma trilhadora estacionária motorizada.

Já, na safra 2014/2015, a colheita foi realizada no dia 25/03/2015 por meio de uma colhedora mecanizada. Foram colhidas

as três linhas centrais ($3,0 \times 0,45\text{m} = 1,35 \text{ m}$) \times $8,0 \text{ m}$ de comprimento, totalizando uma área útil de $10,8 \text{ m}^2$ em cada parcela. Posteriormente, determinou-se o teor de umidade dos grãos e calculou-se o rendimento de grãos em kg ha^{-1} , após, a padronização da umidade para 13 % (base úmida) (SARAIVA et al. 2006).

A massa de mil grãos foi determinada em quatro amostras aleatórias de 100 grãos de cada parcela, os quais foram obtidos com auxílio de um gabarito. Estes foram pesados em balança digital, com precisão de 0,5 g, seguindo critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro, pelo programa SASM-Agri[®] (SAS, 2002).

Foi realizada análise de regressão da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja em função do tempo. Para análise do progresso de doença e taxa de progresso da epidemia, foram realizadas análises de regressão da AACPD (área abaixo da curva do progresso da doença) com base no número de urédias cm^{-2} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Safra 2013/2014 e 2014/2015

A comparação entre os tratamentos que receberam fungicida e a testemunha, quanto a AACPD e rendimento de grãos em resposta a aplicação do fungicida com diferentes pontas de pulverização (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem-asiática da soja no dossel superior e dossel inferior, em função de diferentes pontas de pulverização utilizadas nas aplicações do fungicida trifloxistrobina + proclorazoxolol e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida em Água Santa, RS, 2013/2014

PONTA	AACPD		CONTROLE (%)	
	DOSEL SUPERIOR	DOSEL INFERIOR	DS*	DI*
JA-2	2472 d	3751 b	77,8	66,6
110 DB 0,15	2806 bcd	3209 bc	74,8	71,5
DGTJ- 60 110015	2549 cd	2228 cde	77,1	80,2
XR110015	2825 bcd	2962 bcd	74,6	73,7
110015-BD	3256 bc	1749 de	70,8	84,4
TT 110015	2645 bcd	3479 bc	76,3	69,1
GUARDIAN 120015	2314 d	1302 e	79,2	88,4
AIRMIX 110015	2989 bcd	2199 cde	73,2	80,4
GUARDIAN AIR 120015	3010 bcd	3528 b	73,0	68,6
110 DB 1,5 AIR	3398 b	3468 bc	69,5	69,2
Testemunha	11139 a	11242 a	0	0
CV (%)	7,4	12,2		

Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) baseada na severidade (urédias cm⁻²) e controle (%). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05). * DS = dossel superior; * DI = dossel inferior.

Tabela 8 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem-asiática da soja no dossel superior e dossel inferior, em função de diferentes pontas de pulverização utilizadas nas aplicações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida em Passo Fundo/RS, 2014/2015

PONTA	AACPD		CONTROLE (%)	
	DOSSSEL SUPERIOR	DOSSSEL INFERIOR	DS*	DI*
JA-2	541 b	616 b	89,5	80,9
110 DB 0,15	368 bc	600 b	92,8	81,4
DGTJ- 60 110015	348 bc	628 b	93,2	80,6
XR110015	334 bc	572 b	93,5	82,3
110015-BD	370 bc	623 b	92,8	80,7
TT 110015	379 bc	564 bc	92,6	82,5
GUARDIAN 120015	270 c	272 c	94,7	91,6
AIRMIX 110015	265 c	276 c	94,8	91,5
GUARDIAN AIR 120015	484 bc	626 b	90,6	80,6
110 DB 1,5 AIR	467 bc	659 b	90,9	79,6
Testemunha	5145 a	3232 a	0	0
CV (%)	10,2	12,6		

Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) baseada na severidade (urédias cm⁻²). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05). * DS = dossel superior; * DI = dossel inferior.

Em todos os tratamentos com aplicação do fungicida, tanto no dossel superior quanto no dossel inferior a AACPD da ferrugem asiática da soja e a porcentagem de controle apresentaram valores inferiores quando comparada com a testemunha sem controle, em ambos anos agrícola.

Na (safra 2013/2014), a utilização da ponta de pulverização Guardian 120015 proporcionou o menor valor da AACPD da ferrugem (2314 e 1303) e maior porcentagem de controle, (79,2 e 88,4) respectivamente para o dossel superior e inferior. Porém,

a mesma não se difere significativamente das pontas DGTJ-60 110015, 110015-BD, Airmix 110015, para AACPD e porcentagem de controle, quando observado o dossel inferior da cultura da soja.

Em virtude da ferrugem da soja ter seu desenvolvimento inicial na região inferior da cultura da soja, o modelo de ponta Guardian 120015, que produz gotas de categoria média, mostrou-se eficiente para o controle do patógeno na safra 2013/2014.

Na (safra 2014/2015), no dossel superior e inferior, as pontas Guardian 120015 e Airmix 110015, que geram gotas de categoria média, apresentaram os menores valores da AACPD diferenciando-se estatisticamente, em relação às demais pontas avaliadas, bem como estas proporcionaram a melhor porcentagem de controle da ferrugem da soja. Já, observando somente o efeito das pontas no dossel inferior, estas duas pontas apenas não diferiram estatisticamente da ponta TT 110015 que também produz gotas de categoria média (Tabela 8).

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos obtidos de Nascimento et al. (2009), realizado com diferentes pontas de pulverização, visando ao controle da ferrugem da soja, no qual foram obtidas menores quantidades de urédias no terço inferior, quando foram utilizadas pontas que produziram gotas finas.

No dossel superior o modelo de ponta de jato plano com pré-orifício Guardian 120015, apresentou o menor valor da AACPD na safra 2013/2014, porém não houve diferença significativa em relação aos demais tratamentos avaliados, exceto para a ponta de jato plano com pré-orifício 110015-BD e a ponta de jato plano duplo com

indução de ar 110 DB 1,5 AIR, as quais geram respectivamente, gotas das categorias fina e muito grossa.

Já na safra 2014/2015 os modelos Guardian 120015 e Airmix 110015 foram as pontas que proporcionaram os menores valores de AACPD e porcentagem de controle. Pode-se ressaltar que no dossel superior, não existe grande dificuldade para as pontas depositarem gotas da calda fungicida sobre o alvo de interesse. Entretanto, a ponta de jato cônico vazio JA-2, que produz gotas de categoria muito fina apresentou desempenho inferior às pontas Guardian 120015 e Airmix 110015 quando observado a AACPD e porcentagem de controle.

Em relação ao rendimento de grãos obtido em resposta à utilização de diferentes modelos de pontas de pulverização nas aplicações de fungicida nas safras 2013/2014 e 2014/2015, produtividade apresentou-se estatisticamente superior em relação à testemunha em todos os tratamentos que receberam as aplicações de fungicida, em ambos os anos em que foram conduzidos os trabalhos (Tabela 9). Os tratamentos na safra 2013/2014 possibilitaram produtividade média de 288% superior aos obtido pela testemunha. A reduzida produtividade de 880 kg ha⁻¹ obtida na testemunha se deve provavelmente à queda prematura das folhas de soja, em decorrência do ataque severo da ferrugem da soja ocorrida no referido ano agrícola, bem como a semeadura foi realizada tardiamente, ou seja, no mês de janeiro, correspondendo ao período denominado como safrinha para a cultura da soja.

Já, na safra 2014/2015, a produtividade média nas parcelas tratadas com fungicida foi de 140% superior à testemunha. Tais

percentuais evidenciam que o controle da ferrugem foi satisfatório, independentemente do tipo de ponta de pulverização utilizada, comparando com as parcelas que não receberam as aplicações de fungicida, bem como a semeadura foi realizada no início da época recomendada para a região, ou seja, no mês de novembro.

Tabela 9 - Rendimento de grãos em função de aplicações do fungicida trifloxistrobina + protioconazol com diferentes pontas de pulverização em Água Santa, RS e Passo Fundo, RS, 2013/2014 e 2014/2015

PONTA	SAFRAS	
	2013 / 2014	2014 / 2015
	Água Santa	Passo Fundo
	-----Kg ha ⁻¹ -----	
JA-2	2206 a	4180 a
110 DB 0,15	2553 a	4308 a
DGTJ- 60 110015	2359 a	4322 a
XR110015	2347 a	4227 a
110015-BD	2250 a	4435 a
TT 110015	2492 a	4468 a
GUARDIAN 120015	2584 a	4351 a
AIRMIX 110015	2369 a	4320 a
GUARDIAN AIR 120-015	2600 a	4402 a
110 DB 1,5 AIR	2268 a	4295 a
Testemunha	880 b	3084 b
CV (%)	12,3	4,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Esses resultados seguem a mesma tendência observada por Cunha et al. (2011b), que nas parcelas tratadas com fungicida obtiveram produtividade 224% superior a testemunha e não

encontraram diferenças significativas entre diferentes pontas de pulverização.

Pode-se observar que não foi evidenciado diferença estatística no rendimento de grãos entre os modelos de pontas de pulverização quando utilizado fungicida, havendo apenas diferença significativa nas parcelas (testemunha) que não receberam tratamento com fungicida (Tabela 9).

O motivo de não haver diferença significativa no rendimento de grãos entre os modelos de pontas de pulverização pode ser atribuído ao fato de que, mesmo sendo significativa a diferença entre a AACPD nos diferentes dosséis pelas diferentes pontas, elas foram insuficientes para diferenciar a produtividade das plantas. Porém, o tratamento químico proporcionou satisfatório controle da ferrugem da soja.

A inexistência de diferença de produtividade em relação aos diferentes modelos de pontas de pulverização utilizadas, também podem ser atribuídos ao manejo químico empregado, tolerância ou resistência parcial da cultivar e pela agressividade e ocorrência do patógeno na área. O fungicida trifloxistrobina + proclorazoxolol utilizado nas safras 2013/2014 e 2014/2015 proporcionou satisfatório controle da ferrugem da soja.

Nascimento et al. (2013) também não encontraram diferenças significativas no rendimento de grãos, entre diferentes pontas de pulverização utilizadas em aplicações de fungicida.

Na Tabela 10 observa-se a estimativa da cobertura dos alvos artificiais (gotas cm^{-2} e L ha^{-1}) analisadas sobre os cartões hidrossensíveis, após a pulverização da calda de fungicida realizada

no estágio fenológico R3, obtidos na safra 2013/2014. Estes parâmetros são importantes, pois dependendo do alvo e das condições no momento da aplicação, poderá exigir gotas de maior ou menor diâmetro (CÂMARA et al., 2008).

Tabela 10 - Densidade de gotas depositadas e volume de calda em função da aplicação do fungicida trifloxistrobina + prothioconazol com diferentes pontas de pulverização, nas posições superior, mediana e inferior do dossel da cultura da soja cv. Brasmax Ativa RR, no estágio fenológico R3 em Água Santa/RS, 2013/2014

PONTA	Posição superior		Posição mediana		Posição inferior	
	gotas cm ⁻²	L ha ⁻¹	gotas cm ⁻²	L ha ⁻¹	gotas cm ⁻²	L ha ⁻¹
JA-2	280 a	48 cd	158 a	24 def	14 cd	4,7 c
110 DB 0,15	173 d	34 d	69 cd	11 f	6 d	1,2 d
DGTJ- 60 110015	155 d	60 bc	108 bc	37 bcd	28 b	10,0 b
XR110015	258 b	66 b	109 bc	19 ef	12 cd	1,2 d
110015-BD	281 a	45 cd	98 bc	36 cde	29 b	10,4 b
TT 110015	220 c	73 ab	49 de	27 def	16 bcd	10,5 b
GUARDIAN 120015	262 ab	71 ab	119 ab	52 bc	73 a	25,0 a
AIRMIX 110015	99 e	75 ab	127 ab	53 b	67 a	11,3 b
GUARDIAN AIR 120-015	68 f	84 a	29 de	71 a	22 bc	3,9 cd
110 DB 1,5 AIR	87 ef	76 ab	27 e	75 a	5 d	0,8 d
CV (%)	3,8	9,0	15,9	14,3	17,1	14,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Densidade de gotas (gotas cm⁻²) μ m e litros ha interceptados sobre os cartões hidrossensíveis.

No dossel inferior da cultura da soja, a ponta que apresentou maior deposição litros por hectare e gotas cm^{-2} , foi o modelo Guardian 120015 (Tabela 10). Avaliando-se a densidade de gotas cm^{-2} o modelo Airmix 110015 não diferiu estatisticamente da ponta Guardian 120015, apesar de ambas apresentarem característica de gotas média. Porém, estes dois modelos de pontas citados apresentaram diferença significativa em relação às demais pontas para os espectros avaliados.

Na (safra 2014/2015), dossel inferior da cultura, as pontas Guardian 120015 e Airmix 110015 não se diferiram para a deposição litro ha^{-1} e gotas cm^{-2} . O modelo de ponta TT 110015 não se diferenciou do modelo Airmix 110015 quando observado gotas cm^{-2} . Por outro lado, os modelos de pontas Guardian 120015 e Airmix 110015, apresentaram o melhor desempenho de espectro de gotas no dossel inferior (Tabela 11).

No dossel mediano apresentado na (safra 2013/2014), os modelos Guardian 120015, Airmix 110015, DGTJ-60 110015 e 110015-DB apresentaram melhor desempenho para deposição L ha^{-1} . Já para densidade de gotas cm^{-2} os modelos Guardian 120015 e Airmix 110015, que apresentam características de gotas média, não se diferiram significativamente dos modelos JA-2 com características de gotas muito fina e dos modelos DGTJ-60 110015, XR 110015 e 110015-DB com características de gotas finas (Tabela 10). Desta forma, os referidos modelos de pontas de pulverização não se diferenciaram estatisticamente quando avaliado o desempenho de gotas com características média, fina e muito fina no dossel mediano.

A estimativa da densidade de gotas cm^{-2} e o volume de calda L ha^{-1} analisadas sobre os cartões hidrossensíveis, após a pulverização da calda fungicida no estágio fenológico R3, obtidos na safra 2014/2015 (Tabela 11).

Tabela 11- Densidade de gotas depositadas e volume de calda em função da aplicação do fungicida trifloxistrobina + protioconazol com diferentes pontas de pulverização, nas posições superior, mediana e inferior do dossel da cultura da soja cv. Brasmax Ativa RR, no estágio fenológico R3 em Passo Fundo, RS, 2014/2015

Pontas	Posição superior		Posição mediana		Posição inferior	
	gotas cm^2	L ha^{-1}	gotas cm^2	L ha^{-1}	gotas cm^2	L ha^{-1}
JA-2	261 a	49 fg	148 a	11 f	12 de	4 cd
110 DB 0,15	153 d	46 g	120 b	11 f	14 de	4 cd
DGTJ- 60 110015	146 d	54 f	91 de	15 ef	22 cd	6 cd
XR110015	251 ab	61 e	96 de	13 f	26 c	8 c
110015-BD	262 a	65 e	100 cde	18 e	20 cd	7 c
TT 110015	227 c	72 d	89 e	38 bc	41 b	16 b
GUARDIAN 120015	239 bc	79 c	110 bc	50 a	55 a	23 a
AIRMIX 110015	103 e	74 cd	103 cd	41 b	51 ab	22 a
GUARDIAN AIR 120-015	110 e	98 a	49 f	31 d	18 cd	5 cd
110 DB 1,5 AIR	98 e	92 b	31 g	35 cd	4 e	2 d
CV (%)	3,7	2,86	5,1	5,5	15,5	14,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$). Densidade de gotas (gotas cm^{-2}) μm e litros ha interceptados sobre os cartões hidrossensíveis.

No dossel mediano apresentado na (Tabela 11), o modelo Guardian 120015 apresentou melhor desempenho para deposição $L ha^{-1}$, diferenciando estatisticamente em relação as demais pontas avaliadas. Já, a melhor eficiência para o espectro de gotas cm^{-2} foi proporcionado pelo modelo JA-2 com características de gotas muito fina, diferenciando estatisticamente dos demais, porém, esta apresentou valor muito reduzido para a deposição $L ha^{-1}$, em comparação aos modelos de pontas de pulverização avaliados.

Já os modelos de pontas Guardian AIR 120-015 (gotas grossas) e 110 DB 1,5 AIR (gotas muito grossas), apresentaram satisfatório volume $L ha^{-1}$ depositados nas duas safras que foram avaliadas, porém foram ineficientes na densidade de gotas cm^2 .

Boschini et al. (2008) verificaram que a ponta de pulverização que apresentou maior eficiência de penetração no extrato mediano foi a de jato cônico vazio com volumes de calda de 200 ou 300 $L ha^{-1}$, não estando de acordo com os dados obtidos neste trabalho.

Em trabalho conduzido por Cunha et al. (2011b), com o objetivo de avaliar o efeito da tecnologia de aplicação terrestre, foi verificado, também, que a maior deposição de calda de fungicida no dossel da soja foi obtido utilizando pontas de jato cônico vazio com 180 $L ha^{-1}$ de calda, embora seus espectros de gotas sejam mais suscetíveis a perdas por deriva.

Os modelos de pontas de pulverização avaliados no terço inferior e mediano da cultura da soja com características de gotas muito fina, grossa e muito grossa, tiveram dificuldade em depositar o volume de calda de fungicida.

As pontas que apresentam características de gotas grossa e muito grossa não conseguiram promover a transposição das barreiras impostas pelas folhas devido o fechamento das entre linhas no momento da aplicação do fungicida. Por outro lado, os modelos de pontas de pulverização de espectro de gotas muito fina (cônico vazio e plano duplo), além dessas dificuldades, também estão mais vulneráveis a perda por deriva e por evaporação.

De maneira geral, em ambos os anos agrícolas, os maiores valores da AACPD da ferrugem da soja foram obtidos utilizando-se pontas que produzem gotas das categorias muito fina, fina, grossa e muito grossa, enquanto que a utilização de pontas que geram gotas de categoria média proporcionaram menores valores da AACPD.

Resultados semelhantes foram encontrados por Farinha et al. (2009) utilizando pontas de jato cônico TX-6, com características de gotas muito finas e com volume de calda de 150 L ha^{-1} , em que não foi obtido satisfatória deposição no dossel inferior da cultura da soja em aplicação de fungicida no estágio R1. Acredita-se que isso se deve ao fato de que gotas finas apresentam tempo de vida (tempo de extinção) muito reduzido em comparação a características de gotas média, de acordo com Matthews (2000) e Cunha et al. (2014). Além disso, a perda de energia (velocidade) das gotas finas dificulta a deposição inferior do dossel da cultura da soja.

Na aplicação de fungicida sistêmico, a calda pulverizada necessita permanecer em contato com a folha por um período mínimo, para que a planta possa absorver o ingrediente ativo (YU et al., 2009).

Já, em trabalho realizado com diferentes pontas de pulverização, foi verificado que as pontas com indução de ar que

produzem gotas muito grossas, promoveram reduzida cobertura no dossel da cultura da soja em comparação às gotas de tamanho menor (ANTUNIASSI et al., 2004) e (CUNHA et al., 2006).

Portanto, pode-se destacar que as pontas de pulverização que contribuíram para a menor AACPD da ferrugem da soja, para satisfatória deposição gotas cm^{-2} e L ha^{-1} e para maior segurança na aplicação em relação às demais pontas de pulverização trabalhadas foram os modelos Guardian 120015 na safra 2013/2014 e os modelos Guardian 120015 e Airmix 110015, seguidas das pontas TT110015 na safra 2014/2015, apresentando todas estas características de gota média.

Os dados obtidos neste trabalho estão de acordo com os relatos de Cunha et al., (2014), que verificaram após oito anos de estudo que as pontas de pulverização que produzem gotas médias apresentaram melhores resultados de deposição e controle da ferrugem da soja. Pode-se observar nas estimativas de deposição (L ha^{-1} e gotas cm^{-2}), conforme Tabela 10 (safra 2013/2014), que o sucesso do controle químico da ferrugem da soja em aplicação terrestre, representado pela menor AACPD, foi obtido quando foram depositados 25 litros ha^{-1} e 73 gotas cm^{-2} no dossel inferior e 52 litros ha^{-1} com 119 gotas cm^{-2} no dossel mediano, valores esses obtidos com a utilização da ponta Guardian 120015.

Na safra 2014/2015 o valor correspondente ao melhor controle foi obtido com no mínimo 22 litros ha^{-1} e 51 gotas cm^{-2} no dossel inferior e 41 litros ha^{-1} com 103 gotas cm^{-2} no dossel mediano, através da utilização dos modelos Guardian 120015 e Airmix 110015 (Tabela 11).

Pode-se afirmar que na safra 2014/2015, devido à semeadura da cultura da soja ter ocorrido no início da época recomendada para a região e a circunstância de ter ocorrido menor pressão de inóculo neste ano agrícola, foi necessário menor depósito de gotas cm^{-2} e L ha^{-1} para o controle da ferrugem da soja em relação à safra 2013/2014. Pode ser observado na Tabela 3, que as precipitações pluviais ocorridas na safra 2014/2015 foram menores, sendo que em março de 2014 a precipitação foi de apenas 44 mm e ao total foram 64 dias com precipitação durante o período de desenvolvimento da cultura. Já na Tabela 2, safra 2013/2014 a menor precipitação média ocorrida dentro do mês no período de desenvolvimento da cultura da soja foi 137 mm associado a 68 dias com ocorrência de precipitação. Assim, as condições meteorológicas para o desenvolvimento da cultura da soja, foram mais propícias para a ocorrência e pressão de inóculo na safra 2013/2014.

Segundo Christofolletti (1999), faz-se necessário para uma boa eficácia no controle de doenças cobertura de 30 a 40 gotas cm^{-2} para fungicidas sistêmicos e entre 50 e 70 gotas cm^{-2} para fungicidas protetores. Já em trabalho conduzido por Ugalde (2005), foi determinado cobertura ideal associada com o volume de calda de 120 e 160 L ha^{-1} para aplicação de fungicidas sistêmicos e protetores de 45 e 60 gotas cm^{-2} , respectivamente.

A deposição estimada de gotas no terço superior ficou acima de 68 gotas cm^{-2} , chegando atingir valores acima de 250 gotas cm^{-2} , apropriado para aplicação de fungicida, concordando com Ozeki & Kunz (1998).

Nota-se que em ambas as safras as pontas de pulverização estudadas apresentaram desempenho diferenciado nos três terços do dossel das plantas de soja, havendo diferença significativa entre os fatores estudados (gotas pulverizadas cm^{-2} , L ha^{-1} e diâmetro da mediana volumétrica), demonstrando a diferenciação entre os tratamentos. Podem ser verificados os modelos das pontas de pulverização utilizadas na condução do trabalho e estimativa do diâmetro mediano volumétrico (DMV) e amplitude relativa (AR) dos impactos das gotas nos cartões sensíveis, na safra 2013/2014 na (Tabela 12).

Tabela 12 - Diâmetro mediano volumétrico dos impactos de gotas coletadas nas posições superior, mediana e inferior e amplitude relativa da posição superior do dossel de soja cultivar Brasmax Ativa RR, em aplicação de fungicida, no estágio fenológico R3 com diferentes pontas de pulverização em Água Santa, RS, 2013/2014

PONTAS	Posição Superior	Posição mediana	Posição inferior	AR*
	-----(μm)-----			
JA-2	242 g	217 d	237 de	0,94 b
110 DB 0,15	235 g	214 d	221 ef	1,06 b
DGTJ- 60 110015	294 f	326 c	283 cd	1,39 a
XR110015	318 e	222 d	206 ef	0,97 b
110015-BD	254 g	164 d	180 f	0,96 b
TT 110015	372 cd	367 c	233 def	1,09 b
GUARDIAN 120015	360 d	372 c	248 de	0,94 b
AIRMIX 110015	429 b	638 b	304 bc	1,03 b
GUARDIAN AIR 120-015	481 a	676 ab	550 a	1,05 b
110 DB 1,5 AIR	390 c	735 a	345 b	1,31 a
CV (%)	2,46	7,60	6,82	6,56

Médias seguidas por letras minúscula nas colunas diferem significativamente entre si, a 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey. *AR – amplitude relativa.

Na (safra 2013/2014) a ponta 110015-BD com características de gotas fina apresentou os menores valores de DMV ($0,5 \mu\text{m}$), no dossel mediano e inferior. Já no dossel superior o menor DMV ($0,5 \mu\text{m}$), foi obtido quando se utilizou a ponta 110 BD 0,15 com gotas muito finas (Tabela 12). O maior DMV ($0,5 \mu\text{m}$) foi obtido pela ponta Guardian AIR 120-015 no terço superior e inferior do dossel, porém a ponta 110 DB 1,5 AIR não se diferiu da ponta Guardian AIR 120-015, quando considerado o terço mediano, sendo que estas produziram gotas que variaram de grossa a muito grossa, respectivamente.

Nota-se que para a variável amplitude relativa, as pontas de pulverização DGTJ- 60 110015 e 110 DB 1,5 AIR, com características de gota fina e muito grossa respectivamente apresentaram diferença significativa em relação às demais pontas avaliadas, ou seja, estas apresentam maior heterogeneidade de tamanho de gotas. Já as JA-2 e Guardian 120015 apresentaram superioridade em relação à homogeneidade do tamanho de gotas, pois apresentaram os menores valores de amplitude relativa (0,94) e menor risco potencial de deriva no momento da aplicação, porém não se diferiu estatisticamente das demais.

Quanto menor o valor da amplitude relativa, mais homogêneo é o espectro da pulverização, ou seja, menor será a faixa de tamanho de gotas pulverizadas. A distribuição do ingrediente ativo no alvo de interesse, esta diretamente relacionada com a uniformidade da distribuição volumétrica das gotas da calda da pulverização (VIANA et al., 2010). Pode ser verificado a estimativa do DMV e AR,

obtido pelas diferentes modelos de pontas de pulverização na safra 2014/2015 (Tabela 13).

Tabela 13 - Diâmetro mediano volumétrico dos impactos de gotas coletadas nas posições superior, mediana e inferior e amplitude relativa do dossel de soja cultivar Brasmax Ativa RR, em aplicação de fungicida, no estádio fenológico R3 com diferentes pontas de pulverização em Passo Fundo, RS, 2014/2015

PONTA	Posição superior	Posição mediana	Posição inferior	AR*
	-----(μm)-----			
JA-2	189 g	198 f	117 g	1,10 de
110 DB 0,15	227 ef	220 def	127 fg	1,02 ef
DGTJ- 60 110015	206 fg	203 ef	171 de	1,86 a
XR110015	209 fg	196 f	208 cd	1,37 c
110015-BD	193 g	112 g	166 ef	1,18 d
TT 110015	250 de	256 cd	233 bc	1,52 b
GUARDIAN 120015	266 d	241 cde	211 c	0,98 f
AIRMIX 110015	311 c	277 c	237 bc	0,99 f
GUARDIAN AIR 120-015	366 b	319 b	252 b	1,05 ef
110 DB 1,5 AIR	457 a	461 a	382 a	1,06 ef
CV (%)	3,29	5,33	6,49	2,74

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$). *AR – amplitude relativa.

Na safra 2014/2015, a ponta JA-2 e 11005-DB apresentaram os menores valores de DMV (0,5 μm). Já, o modelo de ponta 110 DB 1,5 AIR apresentou o maior valor e DMV (0,5 μm) no dossel inferior, mediano e superior.

Acredita-se que modelos que produziram gotas grossas e muito grossas, mesmo apresentando maior tempo de vida (tempo de extinção), sobre a superfície foliar, não compensaram a menor

cobertura (gotas cm^2) de espectro de gotas gerado pelas mesmas, resultando em menor controle da doença.

Pode ser verificada na safra 2013/2014 que o modelo de ponta Guardian 120-015, que proporcionou o menor valor da AACPD, apresentou o DMV ($0,5 \mu\text{m}$), no dossel inferior, correspondente a $248 \mu\text{m}$. Não sendo diferente para DMV ($0,5 \mu\text{m}$) na safra 2014/2015 onde os modelos Guardian 120-015 e Airmix 110015, que proporcionaram satisfatório controle da ferrugem, corresponderam a 211 e $237 \mu\text{m}$, respectivamente.

Foi verificado em trabalho conduzido por Yu et al. (2009), ao comparar gotas de diferentes DMV, submetidas a 60% de umidade relativa do ar, que as gotas com DMV de $246 \mu\text{m}$ evaporam dez vezes mais rápido que gotas com DMV de $800 \mu\text{m}$.

Neste trabalho, verificou-se nos dois anos de estudo a redução no DMV estimado, obtido no interior do dossel (posição inferior e mediano), em comparação a posição superior, além do menor número de gotas que foram depositadas no interior do dossel. Visto isso, esses fatores podem ajudar a explicar o fato de que a utilização de pontas que geram gotas muito finas não apresentou controle satisfatório da ferrugem da soja.

Pode ser verificado que a amplitude relativa na (safra 2014/2015) apresentou diferença significativa para as pontas de pulverização avaliadas, sendo que as pontas Guardian 120015 e Airmix 110015, ambas com característica de gotas média, apresentaram os menores valores de amplitude relativa ($0,98$ e $0,99$), acredita-se que devido estas apresentarem uma melhor distribuição e

homogeneidade da calda de pulverização contribuiu para a menor AACPD ocorrida na safra 2014/2015.

Na safra 2013/2014, ocorreu diferença entre as pontas de pulverização utilizadas quando observado a percentagem de penetração da pulverização (gotas cm^{-2} e L ha^{-1}).

Os modelos de ponta Guardian 120-015 e Airmix110015 apresentaram os maiores valores de penetração de gotas e o melhor controle da ferrugem da soja, demonstrando a sua superioridade nesses quesitos.

Em estudo realizado para avaliar o desempenho de pontas de pulverização foram utilizadas quatro pontas (jato plano defletor, jato plano defletor duplo, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor e jato cônico vazio) associado a dois volumes de pulverização (130 e 200 L ha^{-1}), onde foi obtido uma deposição média de 44% no dossel inferior quando comparado ao dossel superior da cultura da soja (CUNHA et al., 2011).

São apresentadas nas Figuras 1 e 2 os valores da percentagem de penetração da pulverização no dossel inferior da soja, com base na densidade de gotas cm^{-2} e no volume de calda L ha^{-1} , em relação aos depósitos retidos na posição superior, safra 2013/2014 e 2014/2015.

A diferença de porcentagem entre os dois fatores avaliados (gotas cm^{-2} e L ha^{-1}) na mesma posição é explicada em virtude dos valores serem obtidos através da estimativa de gotas depositadas nos cartões hidrossensíveis.

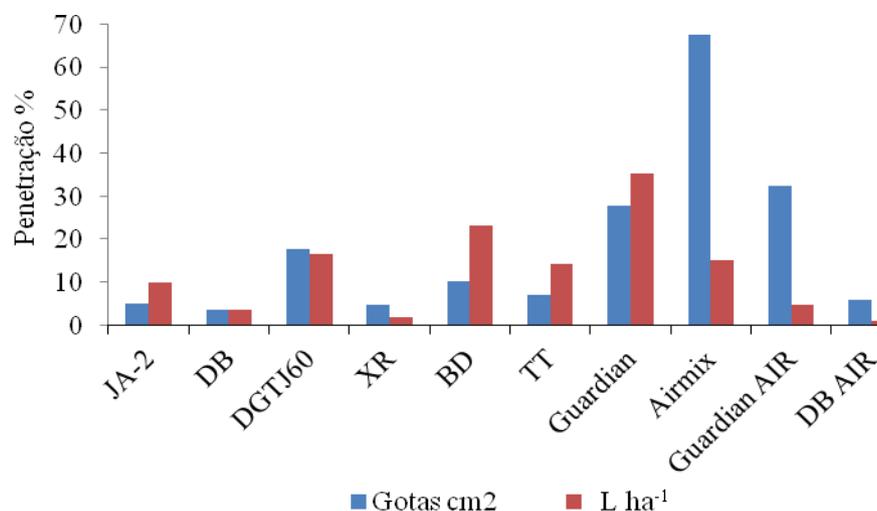


Figura 1 – Percentagem de penetração da pulverização de gotas (cm^{-2}) e volume de calda (L ha^{-1}) coletados no dossel inferior na aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização em Água Santa/RS, 2013/2014.

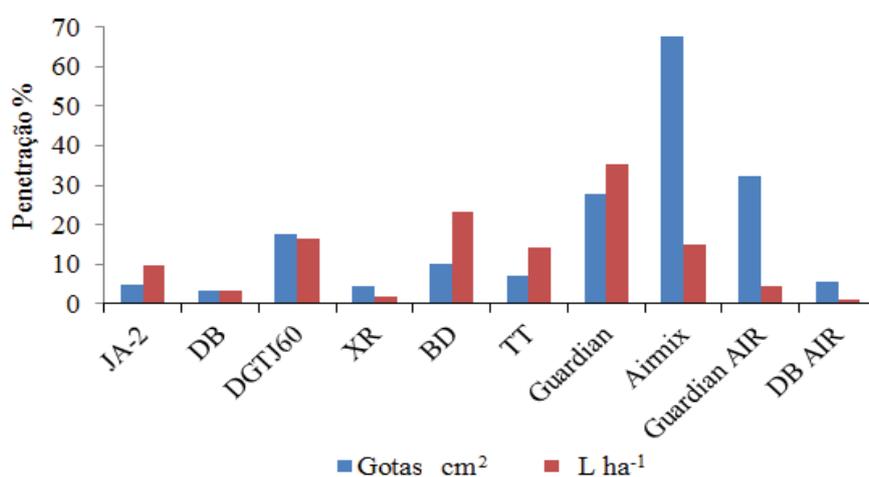


Figura 2 – Percentagem de penetração da pulverização de gotas (cm^{-2}) e volume de calda (L ha^{-1}) coletados no dossel inferior na aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização em Passo Fundo/RS, 2014/2015.

É possível notar (Figuras 1 e 2), que as menores deposições na posição inferior em relação à posição superior, ocorreram em virtude do fechamento das entrelinhas da cultura, promovida pelo crescimento das plantas de soja, arquitetura de planta e estágio fenológico da cultura no momento da aplicação. Os modelos de pontas que apresentaram o menor percentual de deposição na posição inferior do dossel resultaram o menor controle da doença e maiores valores da AACPD.

Pode ser verificado, nas safras 2013/2014 e 2014/2015, que os modelos de pontas de pulverização Guardian 120-015 e Airmix 110015 apresentaram superioridade na porcentagem de penetração (gotas cm^{-2} e L ha^{-1}) no dossel inferior das plantas de soja, provavelmente devido a menor desuniformidade das gotas, em função da menor amplitude relativa.

Farinha et al. (2009) constataram em trabalho conduzido com diferentes cultivares de soja no estágio R1, que a deposição de fungicida na região apical foi quase três vezes maior quando comparada a região basal. Cunha et al. (2008) também demonstraram que a deposição de fungicida no terço inferior do dossel da cultura da soja foi reduzida, ocasionando desta forma o ineficiente controle da ferrugem, mesmo fazendo-se uso de fungicidas sistêmicos.

Em trabalho de Boschini et al. (2008), a deposição de calda de fungicida no dossel inferior da cultura da soja também foi menor quando comparada com o terço superior, independente da vazão e ponta utilizada com a cultivar de soja CD 202.

Portanto, pode ser verificado nas duas safras avaliadas que para obter o controle da ferrugem da soja, a densidade de gotas cm^{-2} e volume de calda depositado L ha^{-1} devem apresentar valores adequados, ou seja, não basta ter elevado número de gotas cm^{-2} e não haver um bom volume L ha^{-1} depositado sobre o dossel ou vice versa.

As condições meteorológicas observadas durante as aplicações realizadas (Tabela 6) foram propícias para as aplicações do fungicida, contribuindo desta forma para os resultados obtidos. Possivelmente, em condições de vento acentuado, as gotas pequenas apresentariam maior risco de perda por deriva, bem como, com a temperatura elevada, associada a menor umidade relativa do ar, contribuiria para o processo de evaporação mais rápido das gotas finas, e conseqüentemente, haveria menor deposição e controle ainda mais ineficaz da ferrugem da soja.

5 CONCLUSÕES

Não há diferenças entre os tratamentos que receberam aplicações de fungicidas com as diferentes pontas de pulverização (jato cônico vazio, jato plano duplo, jato plano duplo com pré-orifício, jato plano simples, jato plano com pré-orifício, jato plano de impacto, jato plano com indução de ar e jato plano duplo com indução de ar) quanto ao rendimento da cultura da soja, em ambas as safras.

A AACPD da ferrugem asiática varia em função das pontas de pulverização, demonstrando a existência de diferenças na capacidade destas em depositar gotas no interior do dossel da cultura.

As pontas Guardian 120-015 e Airmix 110015 proporcionam as maiores a porcentagem de penetração de gotas no dossel inferior.

Os modelos de pontas Guardian 120015 (safra 2013/2014) e Guardian 120015 e Airmix 110015 (safra 2014/2015), proporcionam os menores valores AACPD e maior controle da ferrugem da soja no dossel inferior e mediano. Ambos os modelos de pontas de pulverização, geram gotas de categoria média e maior uniformidade de gotas em relação às demais.

O maior controle da ferrugem asiática é obtido quando são depositados 22 a 25 L ha⁻¹ e 51 a 73 gotas cm⁻² no dossel inferior, o que se obtém através da ponta Guardian 120015, seguido de 41 a 52 L ha⁻¹ e 103 a 119 gotas cm⁻² através da ponta Guardian 120015 e Airmix 110015 no dossel mediano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes modelos de pontas de pulverização influenciaram no controle da ferrugem da soja. A utilização de fungicida foi satisfatória para o controle da ferrugem asiática da soja, pois contribuiu para evitar importantes danos no rendimento de grãos da cultura da soja.

A semeadura da cultura da soja realizada no período de safrinha contribuiu para a maior quantidade de inoculo da ferrugem da soja e conseqüentemente para o menor rendimento de grãos.

Verificou-se que na testemunha, que não recebeu aplicação de fungicida, a desfolha da cultura da soja foi prematura, reduzindo significativamente o rendimento de grãos em relação às parcelas que receberam tratamento, independente da ponta de pulverização utilizada. Isso explica o fato que determinadas pontas de pulverização que apresentaram maior cobertura no dossel inferior ou mediano não apresentaram satisfatório controle da ferrugem da soja e não contribuíram para o aumento do rendimento de grãos.

É sugerida a continuidade da pesquisa para testar novos modelos de pontas de pulverização que serão disponibilizadas no mercado, visando obter a melhor deposição, cobertura e controle da ferrugem da soja.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MAYER, M. C. Doenças da soja. In: *Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 4ª ed. 2005. p. 569-588.

ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; FERREIRA, J. B.; ARAÚJO, D. V.; COSTA, J. C. B.; DEUNER, C. C.; MUNIZ, M. F. S.; ZAMBENEDETTI, E. B.; MACHADO, J. C. 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.

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. *Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários*. Campinas: São Paulo: Línea Creativa, p. 1-71, 2004.

ANTUNIASSI, U. R.; CAMARGO, T. V.; BONELLI, M. A. P. O.; ROMAGNOLE, E. W. C. Controle da ferrugem da soja através de aplicações aéreas e terrestres. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3. 2004, Botucatu. *Anais...Botucatu: Fepaf*, 2004. p. 92-95.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; BIZARI, I. R. Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5., 2005, Londrina-PR. *Anais...Londrina-PR: SBI-Agro*, 2005.

ANTUNIASSI, U. R. Inovações tecnológicas para aplicação de defensivos agrícolas. In: BORGES, L. D. *Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p. 21-35.

ANTUNIASSI, U. R. *Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja*. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. (Boletim de pesquisa da soja, 1).

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, p. 780-785, 2014. (Suplemento).

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

BALARDIN, R. S. Ferrugem asiática da soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 18, 2004. (Suplemento).

BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J. Epidemiologia da ferrugem da soja. In: JULIATTI, F. C., POLIZEL, A. C., HAMAWAKI, O. T. (Eds.). Workshop brasileiro sobre ferrugem asiática. EDUFU: Uberlândia. 2005. p. 39-50.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

BARRÊTO, A. F. *Avaliação de parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja*. 2011. 81 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, 2011.

BELEDELLI, D.; NETO, D. C.; CASSETARI, L. S.; MACHADO, A. Q. Viabilidade de urediniosporos de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow na ausência do hospedeiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 604-612, 2012.

BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; *Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas*. 4ª Ed. v. 2, São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L., A. *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1995. 919 p.

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

BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja? *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, 121, 2011, p. 33-37.

BOSCHINI, L. *Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume de aplicação, na cultura da soja*. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, 2006.

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

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 54, n. 3, p. 225-234, 2011.

BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ROMAN, R. A. A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 976-985, 2013.

CÂMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. *Manejo integrado: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 683-721.

CERQUEIRA, D. T. R. de; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; SERRA, M. E.; COSTA, S. I. A. Agricultural spray deposit quantification methods. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v. 28, n. 6, p. 1-7, 2012.

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

CHRISTOFOLETTI, J. C. Pulverização ou aplicação? *A Granja*, Porto Alegre, n. 625, p. 35-37, 2001.

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília: Conab, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2016.

COSTA, L. L. *Eficiência de volumes e pontas de pulverização centrífuga e hidráulica na distribuição e deposição da calda no controle da ferrugem asiática da soja*. 2013. 40 f. Tese (Doutorado) - UNESP, Jaboticabal, 2013.

COSTAMILAN, L. M. Estresses ocasionados por doenças e por nematóides. In: BONATO, E. R. *Estresses em soja*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 145-200.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. T. Avaliação de danos em soja causados por ferrugem asiática.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 30, 2002, CRUZ ALTA. *Atas e Resumos...* Cruz Alta: FUNDACEP, 2002. p. 99.

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

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

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

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

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. 2010. 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.; SILVA, R. A. M.; OLIVET, J. J. Avaliação de pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista de la Facultad de Agronomía, Luz*, v. 28, n. 3, p. 344-359, 2011a.

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

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

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, St. Paul, v. 96, p. 797-803, 2006.

DERKSEN, R. C.; CANAS, L. A.; RANGER, C. M.; REDING, M. E.; OZKAN, H. E. (2012) Implications for pesticide delivery and insecticide selection using chemical analysis of plant tissue and efficacy. International Advances in Pesticide Application. *Aspects of Applied Biology*, Warwick, v. 114, p. 279-286.

DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; HAMMOND, R. B.; DORRANCE, A. E., SPONGBERG, A. L. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. *Transactions of the ASABE*, Warwick, v. 51, p. 1529-1537, 2008.

DI OLIVEIRA, J. R. G. *Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda*. 2008. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2008.

DORRANCE, A. E.; LIPPS, P. E.; MILLS, D.; SÁNCHEZ, M. V. *Soybean rust*. Ohio State University. 2011. Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/ac-fact/0048.html>>. Acesso em: 18 dez. 2015. EMBRAPA. *Consórcio antiferrugem*. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net/>>. Acesso em: 29 maio. 2016.

EMBRAPA. Indicações técnicas para cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. Pelotas: EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2014. p. 124 Disponível em: <<HTTP://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/841166/.../documento18002.pdf>>. Acesso em: 28 maio. 2016.

EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja: Sistema de produção 11- região central do Brasil 2007*. Londrina, EMBRAPA SOJA, 2006, 225 p.

FARINHA, J. V.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no

estádio R1. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1.738-1.744, 2009.

FAROOQ M.; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D.; WOLF, T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

FOX, R. D.; DERKSEN, R.; COOPER, J. A.; KRAUSER, C. R.; OZKAN, H. E. Visual and image system measurement of spray deposits using water sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture*, Saint Joseph, V. 19, n. 5, 549-552, 2003.

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

FERREIRA, M. C. *Métodos de amostragem do padrão do jato aspergido: arraste e distribuição de gotas em função da adição de adjuvantes à calda e à pressão de trabalho com diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica*. 2010. 75 p. Tese (Livre docência) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2010.

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

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

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; HYMOWITZ, T. Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. *Plant Disease*, St. Paul, v. 76, n. 4, p. 396-399, 1992.

HOFFMANN, W. C.; HEWITT, A. J. Comparison of three imaging systems for watersensitive papers. *Applied Engineering in Agriculture*, Saint Joseph, v. 21, n. 6, 961–964, 2005.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C. *Manejo Integrado de Doenças na Cultura da Soja*. 1.ed. Uberlândia, UFV, 200 p. 2004.

KNEWITZ, H.; WEISSER, P.; KOCH, H. Drift reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. *Aspects of Applied Biology*, Wellesbourne, v. 66, p. 231-236, 2002. (Número Especial).

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

MAGNANI, E. B. Z.; ARAUJO, D. V. Eventos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 2, p. 156-160, 2007.

MÁRQUEZ, L. D. *Tecnología para la aplicación de productos fitosanitarios*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1997, 96 p. (apostila).

MARTINS, J. A. S. *Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para a resistência parcial à ferrugem da soja*. 2006. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

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

MATTHEWS, G. A. *Pesticide application methods*. 3 ed. Berkshire: International Pesticide Application Research Centre, 2000. 432 p.

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

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos de

aplicação. In: ABEAS. *Curso de Proteção de plantas*. Modulo 2. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV; 2005. 85 p. (Apostila).

MILES, M. R.; LEVY, C.; MOREL, W.; MUELLER, T.; STEINLAGE, T.; VAN RIJ, N.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. International fungicide efficacy trials for the management of soybean. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 91, p. 1450-1458, 2007.

MUNDSTOK, C. M.; THOMAS, A. L. *Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos*. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Evangraf, 2005. 31 p.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 75, n. 2, p. 127-37, 2000.

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

NASCIMENTO, J. M.; SOUZA, C. M. A.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; FENGLER, G.W. Controle de ferrugem asiática da soja utilizando-se de diferentes pontas de pulverização em Maracaju-MS. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Habana, v. 18, n. 1, p. 1-6, 2009.

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

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet

characteristics. *Biosystems Engineering*, Silsoe, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; BAETENS, K.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. Drift from oquifield crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 54, n. 2, p. 403-408, 2011.

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

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. *Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias*. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 65-78.

OZKAN, H. E.; Zhu, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. R. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian Soybean Rust. *Aspects of Applied Biology - International Advances in Pesticide Applications*, Cambridge, v. 77, p. 423-431, 2006.

PAULSRUD, B. E.; MONTGOMERY, M. *Characteristics of fungicides used in field crops*. Champaign: University of Illinois at Urbana, 2005. 18 p. (Report on plant disease, 1002).

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

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

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. *O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários*. UFV: Viçosa, 2003. p. 133-202.

REIS, E. M.; CASA, R. T; MICHEL, C. Ocorrência de epidemia da ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002. *Fitopatologia Brasileira* . v. 27, p. 198-199. 2002. (Suplemento).

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. *Doenças da soja: ferrugem asiática*. Passo Fundo. UPF, 2006. 48 p.

ROCHA, C. L.; GUERRA, D. S.; RODRIGUES M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Eficiência do fungicida piraclostrobin + metconazole (BAS 55601F) no controle da ferrugem asiática da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 37., 2009, Porto Alegre. *Resumos...*Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/agronomia/materiais/XXXVI_IRPSSul.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2016.

ROMÁN, R. A. A.; CORTEZ, J. W.; FERREIRA, M. D. C.; OLIVEIRA, J. R. G. Cobertura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volume de aplicação. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 223-232, 2009.

RUAS, R. A. A.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; SILVA, A. A. da; VIEIRA, R. F. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para a aplicação de agrotóxicos. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 31-41, 2009.

SANTOS, J. M. F. *Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas*. Disponível em<<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/XIII%20RIFIB/santos.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

SANTOS, J. M. F. *Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas*. São Paulo: Instituto Biológico, 2002. 62 p.

SCHERMA, H.; CHRISTIANO, R. S. C.; ESKER, P. D.; DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. *Crop Protection*, London, v. 28, n. 9, p. 774-782, 2009.

SILVA, D. C. G. *Mapeamento de genes de resistência da soja à ferrugem asiática e análise transcricional na interação patógeno hospedeiro*. 2007. 153 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2007.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J.C. (Eds.). *Compendium of soybean diseases*. 4. Ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 25-26.

SOUZA, G. V. R. de. *Ponta de pulverização e pressão de trabalho na aplicação de tebuconazole para o controle da ferrugem da soja*. 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

STAINIERA, C.; DESTAINA, M. F.; SCHIFFERSB, B.; LEBEAUA, F. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. *Crop Protection*, London, v. 25, n. 12, p. 1.238-1.243, 2006.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2. Ed., Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. *Semina: ciências agrárias*, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47-52, 2008.

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

VÁSQUES MINGUELA, J.; CUNHA, J. P. A. R. *Manual de aplicação de produtos fitossanitários*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.

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

YASIN, M. (2012) Air assisted sleeve boom sprayer. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America*, v. 43, p. 61-66.

YORINORI, J. T. *Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle*. Londrina: Embrapa-Soja, 1996. 75 p. (Circular Técnica, 14).

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. *Situação da ferrugem da soja na América do Sul*. Londrina: Embrapa soja. 2004, 27 p. (Documento 236).

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. *Ferrugem asiática da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle*. Londrina: Embrapa-Soja, 2004, 36 p. (Documento 247).

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M. *Doenças da soja*. Rondonópolis: Fundação MT, 2008. p. 98-122. (Boletim de Pesquisa de Soja, 12).

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. *Doenças da soja*. Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 180-222. (Boletim de Pesquisa de Soja, 13).

YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and spray additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 52, p. 39-49, 2009.

ZHU, H.; SALYANI, M.; FOX, R. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and electronics in agriculture*, Wooster, v. 76, n. 1, p. 38-43, 2011.

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

APÊNDICES

APÊNDICE I. Características dos estádios reprodutivos da soja

- VC - Da emergência a cotilédones abertos
- V1 - Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas
- V2 - Segundo nó; primeiro trifólio aberto
- V3 - Terceiro nó; segundo trifólio aberto
- VN - Enésimo (último) nó aberto antes da floração
- R1 - Início da floração, até 50% das plantas com uma flor
- R2 - Floração plena; maioria dos racemos com flores abertas
- R3 - Final da floração; vagens com até 1,5 cm de comprimento
- R4 - Maioria das vagens do terço superior com 2 a 4 cm, saem grãos imperceptíveis
- R5.1- Grãos perceptíveis ao tato com 10% da granação
- R5.2 - Maioria das vagens com granação de 10% a 25%
- R5.3 - Maioria das vagens entre 25% e 50% da granação
- R5.4 - Maioria das vagens entre 50% e 75% da granação
- R5.5 - Maioria das vagens entre 75% e 100% da granação
- R6 - Vagens com granação de 100% e folhas verdes
- R7.1 - Início a 50% de amarelecimento das folhas e vagens
- R7.2 - Entre 51% e 75% de folhas e vagens amarelas
- R7.3 - Mais de 76% de folhas e vagens amarelas
- R8.1- Início a 50% de desfolha
- R8.2 - Mais de 50% de desfolha a pré-colheita
- R9 - Ponto de maturação de colheita

Fonte: Yorinori, J. T (1996)