UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

BIANCA REZENDE DE FREITAS

VARIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

Botucatu
2021

BIANCA REZENDE DE FREITAS

VARIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Botucatu
2021

F866v

Freitas, Bianca Rezende de
Variação da taxa de aplicação e pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática na cultura da soja / Bianca Rezende de Freitas. -- Botucatu, 2021
77 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Carlos Gilberto Raetano

1. Tecnologia de aplicação. 2. Ponta de pulverização. 3. Redução de volume. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VARIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

AUTORA: BIANCA REZENDE DE FREITAS
ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO (Participaçao Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO (Participaçao Virtual)
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. DIEGO MIRANDA DE SOUZA (Participaçao Virtual)
Agronomia / Faculdades Gammon

Botucatu, 29 de julho de 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus amados pais, João e Marlene, pelo incondicional amor, apoio e incentivo dados a mim até aqui.

À minha irmã, Natália, também por todo apoio, paciência e companheirismo.

Ao professor Dr. Carlos Gilberto Raetano pela orientação, ensinamentos e conselhos.

Aos colegas da pós-graduação e graduação do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários (PROTEC), pelo auxílio e companheirismo essenciais durante a realização desse trabalho.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pelo suporte oferecido.

Aos funcionários e docentes do Departamento de Proteção Vegetal, do Departamento de Produção Vegetal e da Seção de Pós-graduação por toda orientação e paciência.

Aos funcionários do Departamento de Solos por toda ajuda oferecida durante as análises realizadas ao longo desse trabalho.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Câmpus de Botucatu.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

A ferrugem da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a principal e uma das mais destrutivas doença da cultura da soja. A eficiência do controle químico do patógeno está relacionada com o fungicida, momento de aplicação e tecnologia de aplicação mais adequada. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da redução da taxa de aplicação, usando pontas de pulverização de jato plano inclinado e jato plano com pré-orifício no controle da ferrugem asiática na cultura da soja, bem como sobre a produtividade da cultura. O experimento foi realizado durante as safras agrícolas de 2019/2020 e 2020/2021 na área experimental pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), localizada na Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu - SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso e os tratamentos distribuídos no esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo duas pontas de pulverização combinadas com três taxas de aplicação (60, 90 e 120 L ha^{-1}), mais um tratamento adicional sem aplicação (controle), em cinco repetições. A avaliação da cobertura da pulverização foi realizada em papel hidrossensível e a avaliação dos depósitos da pulverização, em papel filtro, de forma simultânea com as três pulverizações, que foram realizadas nos estádios reprodutivos R1, R3 e R5.2 da cultura da soja, sendo utilizado o fungicida de contato mancozebe na primeira aplicação e nas duas últimas o fungicida mancozebe associado a trifloxistrobina mais protioconazol. A severidade da doença foi avaliada com a finalidade de definir a eficácia de controle dos tratamentos, bem como seu efeito sobre a produtividade da cultura. A menor taxa de aplicação apresentou melhor controle da doença e maior produtividade. A ponta ADI com a menor taxa de aplicação apresentou melhor cobertura no terço inferior do dossel e a ponta 3D com a mesma taxa apresentou melhor cobertura no terço superior. A deposição da calda no terço superior da planta foi melhor com a ponta ADI na taxa de 90 L ha^{-1} e no terço inferior com a mesma ponta na taxa de 120 L ha^{-1}.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação; ponta de pulverização; redução de volume; doença; *Glycine max.*

ABSTRACT

Soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, is the main and one of the most destructive diseases of the soybean crop. The efficiency of chemical control of the pathogen is related to the fungicide, application time and most suitable application technology. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of reducing the application rate, using inclined flat jet spray tips and flat jet with pre-orifice on the control of Asian rust in soybean crop, as well as on the crop yield. The experiment was carried out during the agricultural seasons of 2019/2020 and 2020/2021 in the experimental area belonging to the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE), located at the School of Agricultural Sciences, Botucatu - SP. The experimental design was in randomized blocks and the treatments distributed in a 2 x 3 + 1 factorial scheme, with two spray tips combined with three application rates (60, 90 and 120 L ha^{-1}), plus an additional treatment without application (control), in five repetitions. The evaluation of spray coverage was carried out on water-sensitive paper and the evaluation of spray deposits, on filter paper, simultaneously with the three sprays, which were carried out in the reproductive stages R1, R3 and R5.2 of the soybean crop, being the contact fungicide mancozeb was used in the first application and the fungicide mancozeb associated with trifloxystrobin plus prothioconazole in the last two. Disease severity was evaluated in order to define the effectiveness of treatments control, as well as their effect on crop yield. The lowest application rate showed better disease control and higher productivity. The ADI tip with the lowest application rate showed better coverage in the lower third of the canopy and the 3D tip with the same rate showed better coverage in the upper third. Spray deposition in the upper third of the plant was better with the ADI tip at the rate of 90 L ha^{-1} and in the lower third with the same tip at the rate of 120 L ha^{-1}.

Keywords: application technology; spray tip; volume reduction; disease; *Glycine max.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 REVISÃO DE LITERATURA 15

2.1 A soja no Brasil e no mundo 15

2.2 Ferrugem asiática da soja (FAS) 15

2.3 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na soja 17

2.4 Pontas de pulverização hidráulica 19

2.5 Taxa de aplicação 22

2.6 Cobertura e depósito de pulverização 24

2.7 Fungicidas utilizados no controle da ferrugem 25

3 MATERIAL E MÉTODOS 28

3.1 Local do experimento 28

3.2 Instalação e condução do experimento 28

3.3 Delineamento experimental 31

3.4 Inoculação de *P. pachyrhizi* 33

3.5 Severidade da doença e nível de controle 33

3.6 Cobertura da pulverização 36

3.7 Deposição da pulverização 37

3.8 Avaliação da produtividade 40

3.9 Análise dos dados 41

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 42

4.1 Depósito da pulverização 42

4.1.1 Safra 2019/20 42

4.1.2 Safra 2020/21 46

4.2 Cobertura da pulverização 50

4.2.1 Safra 2019/20 50

4.2.2 Safra 2020/21 54

4.3 Severidade da doença, eficácia de controle e produtividade da soja 59

4.3.1 Safra 2019/20 57

4.3.2 Safra 2020/21 62

5 CONCLUSÃO 66

REFERÊNCIAS 67

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é de grande importância econômica para o Brasil, sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro. Na safra 2020/21 foram cultivados 38,5 milhões de hectares, atingindo uma produção de 135,5 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de soja. O estado do Mato Grosso é o maior produtor nacional dessa leguminosa, seguido pelos estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

A principal doença da cultura é a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow. A mesma foi identificada pela primeira vez no Brasil durante a safra 2000/01. Estima-se que a perda causada pela ferrugem da soja de 2003 a 2013 tenha ultrapassado 21 bilhões de dólares (YORINORI et al., 2014). A ferrugem asiática da soja (FAS) é considerada uma das doenças mais destrutivas e que causa danos em diversas espécies de plantas da família fabaceae (YORINORI et al., 2005; REIS et al., 2006), podendo variar de 10 a 90% (HARTMAN et al., 1999; SOARES et al., 2004).

O uso de fungicidas é uma das principais estratégias no manejo de doenças, porém, a atividade exige uma equipe operacional e equipamentos, o que amplia os custos (HOFFMANN, 2016). De modo geral, devem ser adotadas técnicas integradas juntamente com a tecnologia de aplicação para um controle eficiente da doença (BALARDIN, 1999; ANTUNIASSI et al., 2005). Em geral, os fungicidas apresentam uma translocação limitada, exigindo uma boa distribuição da pulverização nas plantas.

Para o controle da FAS, o fungicida deve alcançar o interior do dossel, principalmente o baixeiro da planta, e proporcionando uma cobertura e distribuição uniforme pela planta. Para isso, a escolha correta da ponta de pulverização e do volume de calda possui a finalidade de melhorar a cobertura e deposição da calda no dossel da cultura.

A escolha da taxa de aplicação é um dos fatores que pode influenciar na capacidade operacional do pulverizador, bem como o depósito e a cobertura da pulverização sobre o alvo (MATUO, 1990). Assim, é coerente reduzir o volume de aplicação para aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores, mas sem menosprezar a eficiência de controle sobre o alvo de aplicação. Independente do volume de aplicação, a dose do produto fitossanitário por área utilizado deverá sempre ser o recomendado na bula. Então, ao escolher um volume menor de aplicação, torna-

se necessário aumentar a concentração da calda (MATUO, 1990).

Há alternativas para a otimização da pulverização e melhora na eficácia de controle, como tipo de ponta de pulverização utilizada, espectro de gotas, ângulo do jato pulverizado, produtos fitossanitários e adjuvantes utilizados, taxa de aplicação, entre outros que contribuem para maior penetração das gotas no interior do dossel, promovendo distribuição uniforme do produto e doses adequadas do mesmo.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a deposição e cobertura da pulverização, bem como o efeito da redução da taxa de aplicação, usando pontas de pulverização de jato plano inclinado e jato plano com pré-orifício no controle da ferrugem asiática na cultura da soja, assim como sobre a produtividade da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A soja no Brasil e no mundo

De acordo com os dados do mês de julho disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o Brasil fechou a safra 2020/2021 como o maior produtor de soja com 135,7 milhões de toneladas de grãos, com área plantada de 38,6 milhões de hectares e produtividade média de 3.529 kg ha^{-1}. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial do grão.

Os três estados com as maiores produções de soja no Brasil, na safra 2020/2021, foram Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná, com produções de 38,3, 20,5 e 19,1 milhões de tonelada, respectivamente (CONAB, 2021).

Competindo com o Brasil entre os principais produtores do grão, permanecem os Estados Unidos em segundo lugar e a Argentina em terceiro, com uma produção de 112,6 e 46,5 milhões de toneladas, respectivamente (IPEA, 2021).

Do total produzido de soja, 93% é destinado para o processamento do complexo soja e 7% para outros produtos, dentre eles cosméticos, indústria farmacêutica, adubação, adesivos, revestimentos, tintas e plásticos (INOUE, 2019). O complexo soja refere-se aos produtos da lavoura e do processamento primário da soja, sendo composto por grãos, óleo e farelo. Os grãos podem ser utilizados na alimentação humana. Já o farelo e o óleo derivado do esmagamento e processamento do grão têm valor agregado, sendo muito utilizados na alimentação humana e animal e para geração de biodiesel (COÊLHO; XIMENES, 2020).

A expansão populacional, associada ao aumento da longevidade e mudanças nos padrões de consumo, produzirá um crescimento na demanda por alimentos, energia e água (MORETTI, 2019). Nesse sentido, o uso de novas técnicas como forma de garantir a produtividade dessa cultura se torna de fundamental importância para a população mundial.

2.2 Ferrugem asiática da soja (FAS)

A ferrugem da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow está presente em todos os países onde a soja é cultivada. Na América do Sul, o primeiro relato da doença ocorreu em março de 2001, na cidade de Pirapó, Paraguai

(YORINORI; JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004; YORINORI et al., 2003). Verificou-se, posteriormente, ao final dessa safra, que a doença já estava amplamente disseminada no Paraguai e no oeste e norte do estado do Paraná (YORINORI; PAIVA, 2002). Na safra 2001/02, a ferrugem foi constatada nos estado do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004). Atualmente, a doença se encontra em diversos estados brasileiros.

Os sintomas da FAS se iniciam na região inferior da planta, mais precisamente na parte abaxial da folha. Os primeiros sintomas são minúsculos pontos, com no máximo 1 mm de diâmetro, mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada (YORINORI; JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004). Na face abaxial da folha, podem-se observar as urédias, que correspondem as estruturas de reprodução do fungo (GODOY et al., 2017) e que produzem os esporos, chamados de uredósporos. Aos poucos, a estrutura adquire coloração castanho-clara a castanho-escura, abre-se em um pequeno poro, expelindo os urediniósporos (YORINORI et al., 2003).

Com o avanço da esporulação, o tecido da folha ao redor das urédias pode assumir coloração cinza a marrom-claro, denominada de lesão suscetível ou TAN (tanish) ou coloração castanho avermelhada, denominada de lesão resistente ou RB (reddish-brown) (FIALLOS, 2011; GODOY et al., 2017).

A lesão do tipo TAN produz grande quantidade de uredosporos, o que leva a um rápido aumento do número de lesão nas folhas, causando amarelecimento e queda prematura das folhas, enquanto a lesão do tipo RB produz pouco ou nenhum uredosporo, não causa amarelecimento e queda de folhas de forma tão intensa quanto a lesão TAN em cultivares suscetíveis (GODOY et al., 2017).

Os urediniósporos são facilmente disseminados pelo vento e não são transmitidos por semente, restos culturais ou por material processado como a torta e o farelo de soja (YORINORI; JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004). O fungo é um parasita obrigatório ou biotrófico pois sobrevive apenas em hospedeiros vivos. O processo de infecção depende da disponibilidade de água livre na superfície da folha, sendo necessário no mínimo seis horas, com um máximo de infecção ocorrendo com 10 a 12 horas de molhamento foliar e temperaturas entre 15 e 28°C (GODOY et al., 2017). A infecção ocorre preferencilamente no momento ou após a floração, ou a partir do fechamento do dossel, por proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento dos esporos.

A identificação das urédias é a principal característica que permite a distinção entre ferrugem da soja e outras doenças com sintomas semelhantes. Com o progresso da doença, as folhas amarelecem e caem, comprometendo o desenvolvimento da planta, reduzindo a fotossíntese, prejudicando o enchimento das vagens, qualidade e quantidade dos grãos (CHINELATO, 2018). Em casos severos, quando a doença atinge a planta na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar o aborto e queda das vagens (YORINORI; PAIVA, 2002).

O controle da ferrugem asiática da soja exige a combinação de várias estratégias com a finalidade de evitar redução na produtividade. Além do controle químico com fungicidas, também são adotados métodos como vazio sanitário, que visa reduzir o inóuclo do fungo durante a entressafra devido a ausência de hospedeiro e rotação de culturas com gramíneas no lugar da soja favorecendo o manejo de plantas voluntárias.

Para um controle químico mais eficiente, a rotação de produtos com diferentes modos de ação é indicada (CHINELATO, 2018). A presença de mais de um grupo com eficiência comprovada é importante no que diz respeito ao manejo de resistência do fungo aos fungicidas (BEDIN et al., 2008).

2.3 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cultura da soja

O crescente aumento nos custos dos produtos químicos, da mão de obra, energia e a preocupação cada vez maior em relação à poluição ambiental, realçam a necessidade da tecnologia de aplicação (RUFINO et al., 2015). A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste na utilização dos conhecimentos científicos que proporcionam a correta colocação dos produtos biologicamente ativos no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental (MATUO, 1990).

As aplicações na cultura da soja, no Brasil, ocorrem por meio de pulverização terrestre e aérea. Fatores como tipo de ponta, densidade e tamanho de gota, volume de calda, pressão de trabalho, arquitetura da planta, espaçamento entre linhas, altura da barra e as condições climáticas no momento da aplicação influenciam diretamente no resultado da aplicação. A penetração das gotas no dossel da cultura é um fator importante para o controle químico de doenças, principalmente doenças que se iniciam na região inferior da planta, como a FAS (STEFANELLO, 2020). Considerando

o estádio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação, onde no final do ciclo pode ocorrer total fechamento do dossel e grande índice de área foliar, as técnicas de aplicação precisam oferecer gotas com boa capacidade de penetração no dossel e cobertura da massa foliar (ANTUNIASSI; BOLLER, 2019).

Para os fungicidas que possuem baixa ou nenhuma mobilidade, é importante que haja uma boa cobertura foliar , sendo que o aumento do volume de calda possui efeito positivo sobre essa característica (CUNHA, 2006). De modo geral, fungicidas com maior sistemicidade e direcionados ao alvo, podem ser aplicados com gotas maiores, enquanto os fungicidas com sistemicidade limitada ou fungicidas de contato podem ser aplicados com gotas menores. No caso de aplicações para o controle da ferrugem da soja, é indicado o uso de gotas médias a finas, pois assim há maiores chances de ocorrer uma boa penetração na região inferior do dossel.

Antuniassi e Boller (2019) observaram que gotas muito finas apresentaram maior potencial de cobrir as folhas no terço inferior da planta em comparação às gotas médias, fato esse que evidencia a necessidade de se utilizar gotas menores quando há necessidade de maximizar a cobertura dos alvos. De acordo com os mesmos autores, ao comparar os resultados de cobertura e depósito foi possível observar que, apesar das gotas muito finas cobrirem melhor os alvos, elas nem sempre são responsáveis pelas melhores condições de depósito do produto devido ao maior potencial de deriva dessas gotas comparadas às gotas médias. Por fim, Antuniassi e Boller (2019) concluíram que, quando a aplicação fornece a máxima cobertura das folhas, como num tratamento com fungicida de menor ação sistêmica, a preferência é dada ao uso de gotas finas, com cuidado para evitar as perdas por deriva, e, no caso de produtos de maior ação sistêmica, pode haver vantagem no uso de gotas médias, visto que as mesmas podem aumentar a deposição do produto com um menor índice de deriva.

Aplicações com fungicidas de contato ou protetores possuem maior necessidade de cobertura das folhas quando comparados com fungicidas sistêmicos. Em um trabalho a respeito da evolução da doença resultante de tratamentos onde o fungicida protetor foi aplicado com diferentes volumes de calda e tamanhos de gotas para o controle da ferrugem asiática da soja. Antuniassi; Boller (2019) observaram que nos tratamentos em que o volume de calda foi maior (150 L/ha) houve menor avanço da doença, independentemente do tamanho das gotas, enquanto nos tratamentos com menor volume de calda (50 L/ha) as aplicações com gotas finas resultaram em

maior avanço da doença. Os autores ressaltam ainda que os resultados mostram que o maior volume de calda ofereceu melhores condições de controle para as aplicações com fungicida protetor, o que reforça a dependência desse tipo de fungicida de uma aplicação com maior capacidade de cobertura.

Os fatores climáticos interferem decisivamente no resultado de uma aplicação, onde ventos superiores a 8 km h^{-1}, temperatura acima de 30°C e umidade relativa abaixo de 65% diminuem a eficiência da aplicação (GODOY et al., 2017). Recomenda-se que as pulverizações sejam feitas pela manhã ou ao final da tarde, a fim de evitar os momentos do dia em que a evaporação do produto aplicado ocorre de maneira mais rápida (MATUO, 1990). A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar aceleram a evaporação das gotas do produto aplicado. De acordo com Antuniassi; Boller (2019), uma das formas de contornar parcialmente esse problema é a adoção de um processo de otimização da escolha do tamanho de gotas em função das condições meteorológicas, onde o princípio a ser utilizado é o da adoção da gota mais indicada para cada situação de temperatura e umidade relativa. Por exemplo, se a umidade permite o uso de uma gota muito fina, mas a temperatura indica o uso de uma gota fina, a escolha ideal seria a gota fina, pois é mais seguro para a situação de menor risco de perdas por deriva ou evaporação.

A tecnologia de aplicação possui um papel fundamental para aumentar a cobertura da planta através das gotas, com o objetivo de depositar a quantidade do ingrediente ativo necessário para o controle da doença. Além disso, a otimização da eficácia no controle depende também da escolha do equipamento e do método de aplicação mais viável para cada situação.

2.4 Pontas de pulverização hidráulica

Os dispositivos geradores de gotas são os elementos mais importantes de um pulverizador, uma vez que é deles que depende a vazão da barra, a taxa de aplicação, assim como o tamanho das gotas formadas e a sua distribuição sobre o alvo biológico (RAETANO; MOTA, 2019).

Um dos fatores mais importantes para se obter uma aplicação eficiente e boa deposição da pulverização sobre alvos biológicos é a escolha correta das pontas de pulverização (SCUDELLER et al., 2004). As pontas de pulverização apresentam como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir essas gotas e

controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998). Atualmente, está disponível no mercado diversos tipos de pontas, com modelos para cada situação específica e com uma variada capacidade de cobertura do alvo.

As pontas devem apresentar, quando em operação, uma distribuição uniforme e precisa da vazão (AZEVEDO; FREIRE, 2006). Além disso, as pontas são responsáveis pela qualidade da aplicação, pois a mesma interfere na vazão, cobertura do alvo e na uniformidade de distribuição da calda (BAUER; RAETANO, 2004). Aspectos como a pressão exercida à calda, a tensão superficial, a densidade, a viscosidade e as condições atmosféricas do ar externo às pontas de pulverização influenciam na formação do filme líquido e das gotas que esta origina (RAETANO; MOTA, 2019). Ainda de acordo com os mesmos autores, as pontas de pulverização hidráulica podem ser agrupadas em pontas de jatos planos e de jatos cônicos.

O ângulo de abertura do jato plano possui efeito sobre o tamanho das gotas geradas. Ângulo menor de abertura dos jatos forma gotas maiores, e quanto maior o ângulo de abertura dos jatos, maior a formação de gotas finas, em pontas de mesma vazão (RAETANO; MOTA, 2019). Pontas de jato plano antideriva ADI (alimina drift ISO) apresentam um pré-orifício que permite a formação de gotas maiores, são de uso geral, apresentam ângulo de abertura do jato de 110° e proporcionam aplicações uniformes quando os jatos de pulverização se sobrepõem (CUNHA;TEIXEIRA; VIEIRA, 2005).

Pontas de jato plano angulado 3D possuem ângulo de aspersão de 100° e o ângulo do jato de 37,5° em relação ao plano vertical, com tamanho de gotas mais uniformes reduzindo a deriva (PENTAIR, 2018). Ainda de acordo com o fabricante, as pontas 3D devem ser instaladas na barra de maneira alternada, ou seja, uma para frente e outra para trás, com a finalidade de fornecer uma cobertura tridimensional do alvo (Figura 1). Por esse fato, são denominadas de pontas “3D”. Assim, a pulverização com jato angulado melhora a cobertura em alvos verticais como torrões do solo e de gramíneas.

Figura 1 – **Posição alternada das pontas de jato plano angulado Hypro 3D ao longo da barra de pulverização – Botucatu, SP**

O controle químico da FAS é uma das maiores preocupações dos produtores após o florescimento da cultura. No momento em que as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração na área foliar e cobertura das mesmas (ANTUNIASSI et al., 2004).

Para a aplicação de fungicidas na soja, pontas muito utilizadas são aquelas que produzem gotas finas, como as de jato plano padrão (CUNHA et al., 2006). Em virtude do seu espectro de gotas facilitar a deriva, tem-se tentado utilizar pontas que produzem gotas de maiores diâmetro mediano volumétrico (DMV), como as de jato plano com pré-orifício (CUNHA et al., 2006). De acordo com os mesmos autores, essas pontas tendem a comprometer a cobertura das plantas, em razão das gotas serem de maior tamanho e, consequentemente, poderá haver menor controle de doenças.

De modo geral, gotas finas são facilmente transportadas pelo vento, porém garantem uma maior cobertura do alvo, condição desejada principalmente com o uso de fungicidas protetores. Antuniassi et al. (2004), avaliando a cobertura das folhas de soja com diferentes pontas de pulverização, concluíram que gotas finas causam melhores coberturas nos terços médio e inferior das plantas.

Na seleção da melhor estratégia de pulverização para o controle da ferrugem,

é indicado conhecer as pontas de pulverização quer serão utilizadas, o tipo de fungicida escolhido, o momento correto de aplicação e o equipamento que será utilizado.

2.5 Taxa de aplicação

A calda é resultante da diluição de um ou mais produtos formulados em um diluente. O volume de calda ou taxa de aplicação é a quantidade de calda que será distribuída por área (MATUO, 1990). A definição do volume de aplicação na pulverização pode impactar sua distribuição sobre o alvo (COSTA et al., 2015; PRADO et al., 2015). Portanto, o volume de calda ideal é aquele capaz de cobrir o máximo possível o alvo.

A recomendação do volume de calda é dependente do produto fitossanitário usado e do alvo biológico. A definição do volume de calda deve levar em consideração o tipo e o modo de ação dos produtos fitossanitários utilizados, as condições climáticas, as características do alvo, tamanho de gota e a necessidade de cobertura dos alvos (RAETANO; BOLLER, 2019). Além disso, o volume de calda também pode ser ajustado de acordo com o desenvolvimento da cultura e aumento do índice de área foliar (IAF) (RAETANO, 2011). As pontas de pulverização contribuem significativamente na qualidade da aplicação, uma vez que o ajuste do volume de calda está relacionado com a ponta de pulverização e sua respectiva vazão, pressão de trabalho, qualidade e tecnologia dos equipamentos disponíveis (NEGRISOLI, 2018).

Na agricultura contemporânea, a redução de custos operacionais tem se tornado cada vez mais importante dentro do processo de produção (ROMAN, 2014). De acordo com o mesmo autor, a pulverização de produtos fitossanitários na cultura da soja representa de 25% a 30% do custo de produção e é nessa cultura onde se concentra o aprimoramento de técnicas de pulverização terrestre com o objetivo de atingir o alvo de forma correta e com diminuição de custos operacionais.

A necessidade de melhoria no desempenho operacional das pulverizações dos produtos fitossanitários tem incentivado os produtores optarem pela redução da quantidade de água usada durante as aplicações, levando a uma tendência de redução dos volumes de calda nas pulverizações.

O volume de calda e o espectro de gotas possuem grande influência quanto

à cobertura da pulverização e a penetração no dossel da cultura (RAETANO et al., 2011; BERGER-NETO et al., 2017). De modo geral, para aplicações com fungicidas sistêmico ou de contato no terço inferior da cultura, onde geralmente as doenças se iniciam, é necessário uma boa cobertura do alvo para garantir que o produto irá chegar no terço inferior da planta e diminuir a incidência de doenças na lavoura (YORINORI et al., 2018). Para a FAS, além da maior dificuldade de penetração e cobertura ao longo do desenvolvimento da cultura, a planta da soja possui outro obstáculo para a penetração das gotas que é a angulação das folhas do terço superior em relação à incidência de radiação solar (KOLLER, 1986).

Na aplicação em volume reduzido pode ocorrer a melhoria do controle fitossanitário pelo uso de gotas finas e pela escolha do melhor momento para aplicação (ANTUNIASSI, 2019). Apesar de gotas mais finas apresentarem maior capacidade de atingir o alvo, elas estão mais propensas a perdas por deriva se comparadas com gotas mais grossas.

As aplicações com volume reduzido se tornam mais dependentes das condições climáticas (ANTUNIASSI, 2019). Segundo o mesmo autor, a aplicação com volume reduzido pode ter algumas vantagens como melhoria no desempenho de produtos fitossanitários devido a maior concentração do ativo na calda, maior rendimento operacional, melhor controle fitossanitário e potencial de redução de custos. No entanto, a redução excessiva da taxa de aplicação pode acarretar em desvantagens, como a redução da cobertura do alvo e degradação da qualidade dos depósitos, devido ao excesso de velocidade e oscilação das barras de pulverização, maior risco de deriva devido ao uso de gotas mais finas e diminuição da qualidade da aplicação.

Em trabalho desenvolvido por Cunha, Reis e Santos (2006), utilizando pontas de energia hidráulica, não foi constatado diferença entre os volumes de aplicação de 115 e 160 L ha^{-1} no controle da ferrugem asiática da soja, embora o maior volume tenha apresentado maior uniformidade no depósito da pulverização.

Souza et al. (2017), ao analisarem o impacto do volume de calda com fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja, notaram que houve relação direta do volume de calda (50, 80, 110 e 150 L ha^{-1}) com os níveis de depósito, cobertura da pulverização e produtividade da soja. Além disso, os valores de depósitos obtidos na parte inferior da cultura com o volume de 150 L ha^{-1} foram similares àqueles obtidos na parte superior da planta com os volumes de 50 e 80 L ha^{-1}. Os autores afirmaram

ainda que volumes entre 110 e 130 L ha^{-1} com fungicidas sistêmicos ou em mistura com protetor são indicados para o controle da ferrugem asiática da soja.

Cunha, Teixeira e Vieira (2005) avaliaram a aplicação de fungicida em feijoeiro com volumes de aplicação de 125 e 150 L ha^{-1} e observaram que o maior volume de aplicação proporcionou um maior depósito da calda pulverizada e maior uniformidade de cobertura das plantas.

2.6 Cobertura e depósito de pulverização

As avaliações de deposição e cobertura são utilizadas como ferramentas para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários. Existem dois tipos de avaliar uma pulverização: a quantitativa, na qual é avaliada a quantidade do produto depositado no alvo e a qualitativa, onde é analisado a porcentagem do alvo que foi coberta pela calda da aplicação (NASCIMENTO, 2011).

A cobertura da pulverização representa a área ocupada pelas gotas após a aplicação, quantidade de gotas/cm^2 (STEFANELLO, 2020), indicando a forma como o produto foi distribuído na área, seja de forma homogênea ou concentrada em apenas um local. A cobertura dos alvos em uma aplicação depende do volume de calda, taxa de recuperação da calda nas folhas, fator de espalhamento de gotas, área foliar da cultura e diâmetro das gotas produzidas (CHECHETTO et al., 2019).

A deposição dos produtos aplicados sobre as plantas geralmente mostra-se de maneira irregular. De modo geral, a deposição é menor nas partes inferiores e internas do dossel da cultura, principlamente devido ao efeito “guarda-chuva” proporcionado pela porção superior da planta (SILVA et al., 2014). De acordo com os mesmos autores, a arquitetura da planta e o espectro de gotas produzido pela ponta de pulverização influenciam na penetração das gotas no dossel da cultura e, consequentemente, na deposição sobre os alvos biológicos. Taylor e Shaw (1993) também afirmam que a arquitetura das plantas pode influenciar na deposição da calda pulverizada.

A avaliação da cobertura do alvo pode ser realizada com o uso de alvos naturais, como a própria planta e o uso de pigmentos fluorescentes sensíveis sob luz ultravioleta, ou através de alvos artificiais, como os papéis hidrossensíveis que mostram as gotas aplicadas apenas em função da sensibilidade à umidade (PALLADINI, 2000). A observação da distribuição espacial e a quantificação da

porcentagem de cobertura pode ser realizada através de escala diagramática previamente estabelecida (RAETANO, 1996; ANTUNIASSI et al., 2004) ou por softwares específicos para quantificação (FIRVEDA et al., 2002).

Rezende (2011) relatou que as avaliações de deposição da pulverização com a técnica de visualização do depósito nas folhas foram utilizadas pela primeira vez por Staniland (1959), usando pigmentos fluorescentes. Esse autor descreveu a importância do método, principalmente pela possibilidade de localizar com precisão onde o produto se depositou, como uma forma para demonstração da distribuição e intensidade da cobertura da pulverização. O uso de marcadores a base de íons metálicos como manganês, zinco, cobre, entre outros, que podem ser detectados por espectrofotometria de absorção atômica, apresenta boa sensibilidade e baixo custo de análise em relação às análises de cromatografia líquida de alta eficiência em que são utilizados os próprios produtos fitossanitários (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007; REZENDE, 2011).

Silva et al. (2014), em trabalho sobre a deposição da calda de pulverização aplicada em diferentes partes da planta, mostraram que, em relação às culturas (soja e milho) e as partes da planta, houve cobertura dos diferentes locais de avaliação nas plantas de soja, apresentando diferença estatística, enquanto na cultura do milho, o terço inferior foi o único que apresentou diferença. Os autores explicam esse fato devido a maior densidade e arquitetura das folhas da cultura da soja em relação às plantas de milho, o que dificultou o processo de penetração das gotas no dossel.

A deposição é menor em regiões inferiores e internas do dossel da cultura (MOREIRA, 2010). No caso dos fungicidas, essa variação causa baixa eficácia no controle de doenças, principlamente no caso de fungicidas de contato, que necessitam de cobertura uniforme de todo o alvo (GRAZIANO, 2016). Se usadas de maneira correta, gotas maiores geralmente oferecem um bom nível de depósito, apesar de não proporcionar as melhores condições de cobertura do alvo (CHECHETTO, 2019). A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre o alvo, mas também da uniformidade de cobertura das gotas (RAETANO, 2007).

2.7 Fungicidas utilizados no controle da ferrugem

Baseado no espectro de ação, os fungicidas podem ser classificados em sítio-específicos ou multissítios (MCGRATH, 2004). No geral, fungicidas de sítio-

específico são misturas comerciais de inibidores de desmetilação (IDM ou triazóis), inibidores da quinona externa (estrobilurinas ou QoIs) e inibidores da succinato desidroenase (ISDH ou carboxamidas), enquanto os fungicidas multissítios são à base de cobre, clorotalonil e mancozeb (SEIXAS et al., 2020).

Fungicidas de sítio-específico são ativos contra um único ponto da via metabólica do patógeno ou contra uma única enzima ou proteína necessária para o fungo (GODOY et al., 2017). Sendo específicos em sua toxicidade, são fungicidas absorvidos pelas plantas (MCGRATH, 2004), e geralmente possuem atuação sistêmica, ou seja, são transportados para outras partes da planta. Devido a sua ação específica sobre um único ponto da via metabólica, o patógeno está mais propenso a se tornar resistente a esses fungicidas.

Os triazóis pertencem ao grupo dos inibidores de biossíntese de esteróis, o qual constitui o maior e o mais importante grupo para o controle de doeças fúngicas, possuindo grande potência antifúgica, controlando um amplo espectro de doenças causadas por ascomicetos, basidiomecetos e deuteromicetos (BALARDIN, 2015). Os triazóis são inibidores da síntese de ergosterol (FRAC - BR), que é um importante lipídeo fúngico para a formação da membrana das células, onde a ausência desta camada leva ao colapso da célula fúngica (micélio) e à interrupção do crescimento micelial (corpo fúngico) (BALARDIN, 2015).

As estrobilurinas são moléculas inibidoras de respiração mitocondrial pelo bloqueio da transferência de elétrons no complexo 3 citocromo bc1 (FRAC - BR). Possuem ação mesostêmica, ou seja, se movimentam apenas em pequenas distâncias, apenas penetrando e permanecendo na cera cuticular e possuem amplo espectro de ação. As carboxamidas possuem ação mesostêmica e são inibidores da enzima sucinato desidrogenase atuante no complexo 2 da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria do fungo, impedindo a oxidação de sucinato para fumarato e a sua utlização preventivamente ou em mistura com estrobilurinas e triazóis minimizam o risco de resistência dos fungos a estes grupos químicos, aumentando a eficácia e a vida útil dessa ferramenta (MADALOSSO; BALARDIN, 2014).

De acordo com o Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas (FRAC), para o manejo de doenças na cultura da soja, deve-se rotacionar os mecanismos de ação, promovendo menos adapatabilidade do fungo aos fungicidas. Ainda, conforme o FRAC, as recomendações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja devem ser baseadas em produtos registrados contendo estrobilurinas em combinação

a triazóis, triazolintione e/ou carboxamidas, as quais devem ser aplicadas em doses, épocas e intervalos de acordo com a recomendação.

Fungicidas multissítios afetam diferentes pontos metabólicos do fungo e apresentam baixo risco de resistência (GODOY et al., 2017). Esses não são absorvidos pela planta e formam uma camada protetora na superfície da folha, sendo mais facilmente lavados com chuvas (MCGRATH, 2004). Esses fungicidas possuem ação restrita à proteção e devem ser aplicados de maneira preventiva antes da germinação do esporo e penetração dos fungos, pois após a infecção, esses produtos não terão mais efeito.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido durante as safras agrícolas 2019/20 e 2020/21 na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, São Paulo, a qual localiza-se à 22°48’46’’ de latitude sul e 48°25’37’’ de longitude oeste, a 724 metros de altitude.

O experimento foi conduzido em duas safras agrícolas distintas. Na primeira safra (2019/20), a semeadura da cultivar de soja Brevant DS6217IPRO, com tecnologia Intacta RR2 PRO, com hábito de crescimento indeterminado e sem resistência genética para a ferrugem da soja, foi realizada em 25 de novembro de 2019 com a semeadora-adubadora Exacta Air 2980 PD patográfica Jumil, no sistema de semeadura direta sob a palha de milho. Na segunda safra (2020/21), a semeadura da mesma cultivar foi realizada em 07 de dezembro de 2020 com a mesma semeadora-adubadora no sistema de preparo de solo convencional. Em ambas as safras, a emergências das plântulas ocorreu sete dias após a semeadura.

As semeaduras foram realizadas com espaçamentro entre linhas de 0,45 m e densidade de 18 sementes m^{-1}. A adubação da cultura foi realizada em conjunto à semeadura com 300 kg ha^{-1} do formulado comercial de N-P-K (02-20-20).

Anteriormente a semeadura, foi realizado o tratamento de sementes no sistema *on farm*, no mesmo dia da semeadura, com a máquina de tratamento de sementes Mecmaq®, com a finalidade de proteger as sementes durante o desenvolvimento inicial da cultura. Para isso foi utilizado fungicida Vitavax-Thiran® (carboxina + tiram), na dose de 250 mL por 100 kg $sementes^{-1}$ do produto comercial; inseticida Cruizer 350 FS® (tiametoxam) na dose de 150 mL por 100 kg de sementes e o inoculante Biomax® (*Bradyrhizobium* sp.) na dose de 200 mL do produto comercial para cada 100 kg de sementes.

3.2 Instalação e condução do experimento

As pulverizações de ambas as safras foram realizadas com o pulverizador da marca Jacto®, modelo Condor 800 AM14, equipado com barras de 14,5 metros e

bicos de pulverização espaçados em 0,50 metros entre si, montado no hidráulico do trator da maca New Holland® modelo TL85. Durante as pulverizações, foi utilizado somente meia barra de pulverização, fechando as demais seções da barra, sem que houvesse interferência na pressão e na vazão das pontas (Figura 2). Com uma rotação de 1700 rpm na tomada de potência, o conjunto trator-pulverizador obteve velocidade de deslocamento de 8,0 km h^{-1}, com a pressão de trabalho ajustada manualmente de modo a atingir o volume de calda desejado para cada tratamento.

Figura 2 – **Pulverizador Jacto® Condor 800 realizando pulverização com apenas meia barra de pulverização - Botucatu, SP**

De acordo com o catálogo do fabricante das pontas, nas respectivas pressões e velocidade de trabalho e taxa de aplicação, todas as pontas utilizadas nas avaliações produzem gotas de tamanho médio (200 – 400 µm), conforme classificação do espectro de gotas presente na Norma ASABE, S572.1 (ASABE, S572.1, 2009) (Figura 3).

Figura 3 – **Pontas de pulverização de jato plano angulado 3D (A) e jato plano com pré-orifício ADI (B) utilizadas nos tratamentos em ambas as safras agrícolas – Botucatu, SP**

O manejo fitossanitário da área experimental foi realizado com aplicações de herbicida e inseticidas em ambas as safras (Tabela 1). O manejo de insetos-praga foi realizado com base nos resultados de amostragens semanais.

Tabela 1 – **Produtos fitossanitários utilizados no manejo de insetos-praga e plantas daninhas na área experimental durante as safras 2019/20 e 2020/21 - Botucatu, SP**

Produto Comercial	Ingrediente ativo	Dose (kg ou L ha^{-1})	Alvo biológico	Estádio fenológico
Roundup WG®	glifosate 729,5 g kg^{-1}	1,5	Plantas daninhas	D*+V4
Verdict®	haloxifope-p-metílico 124,70 g L^{-1}	0,5	Plantas daninhas	V4
Exalt®	espinetoram 120 g L^{-1}	0,15	*C. includens* *A. gemmatalis*	V7/R2
Engeopleno®	tiametoxan 141 g L^{-1} + lambda-cialotrina 106 g L^{-1}	0,2	*Euschistus heros* *Nezara viridula*	R4/R5.3
Galil®	imidacloprid 250 g L^{-1} + bifentrina 813 g L^{-1}	0,3	*Euschistus heros* *Nezara viridula*	R6

*Dessecação da área

As condições climáticas como temperatura, velocidade do vento e umidade relativa foram monitoradas, em cada aplicação, por meio de termo-higrômetro (Lutron modelo HT-3003) e anemômetro digital (Lutron modelo AM 4201) (Tabela 2). O manejo de doenças ocorreu de modo exclusivo através das pulverizações com os fungicidas utilizados nos tratamentos para controle da ferrugem asiática da soja (FAS).

Tabela 2 – **Dados climáticos correspondentes a cada pulverização dos tratamentos durante as safras 2019/20 e 2020/21 - Botucatu, SP**

Safra	Tratamento	Data pulverização	Estádio fenológico	Temperatura (°C)	UR (%)	Velocidade do vento (km h^{-1})
2019/20	Manzate®	21/01/2020	R1	34,6	57,8	5
2019/20	Manzate® + Fox®	05/02/2020	R3	28,3	74,1	4,2
2019/20	Manzate® + Fox®	20/02/2020	R5.2	29,2	61,5	8
2020/21	Manzate®	22/01/2021	R1	26,1	-	4,5
2020/21	Manzate® + Fox®	04/02/2021	R3	38,5	-	5,3
2020/21	Manzate® + Fox®	19/02/2021	R5.2	32	-	2,5

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos no esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo duas pontas de pulverização: jato plano 3D e jato plano com pré-orifício ADI combinadas com três taxas de aplicação: 60, 90 e 120 L ha^{-1} mais um tratamento adicional sem aplicação (controle), em cinco repetições (Tabela 3).

Tabela 3 – **Tratamentos para pulverização na cultura da soja durante as safras 2019/20 e 2020/21 com diferentes taxas de aplicação, pontas de pulverização e condições operacionais**

Taxa de aplicação (L ha^{-1})	Tipo de Ponta	Modelo	Pressão (PSI)	Tamanho de gotas	Velocidade (km h^{-1})
60	Jato plano angulado	J3D 110015	20	Média	8,0
90	Jato plano angulado	J3D 11002	20	Média	8,0
120	Jato plano angulado	J3D 11003	20	Média	8,0
60	Jato plano pré-orifício	ADI 11001	45	Média	8,0
90	Jato plano pré-orifício	ADI 110015	45	Média	8,0
120	Jato plano pré-orifício	ADI 11002	45	Média	8,0

A dimensão das parcelas experimentais foram de 5 x 7 m (largura x comprimento), com dez linhas espaçadas a 0,45 m. A área útil da parcela foi constituída por seis linhas centrais, sendo as demais feitas de bordadura. As parcelas foram instaladas de modo que houvesse um carreador entre elas de tamanho suficiente para o trânsito dos implemetos agrícolas (Figura 4).

Figura 4 – **Imagem aérea da área experimental durante o ano agrícola 2020/21 – Botucatu, SP**

3.4 Inoculação de *P. pachyrhizi*

Devido a baixa incidência da doença no local em que o experimento foi conduzido, foi necessário realizar a inoculação do patógeno ao final do estádio de desenvolvimento vegetativo na área experimental durante as duas safras agrícolas.

Foram coletados esporos de *P. pachyrizi* de plantas de soja da variedade Brevant DS6217. Posteriormente, foi preparada a suspensão de esporos do fungo, onde os esporos coletados foram adicionados em 100 mL de água destilada com o espalhante adesivo Tween 20 (240 µL L^{-1}) e levemente agitados por aproximadamente 10 minutos. Então, a suspensão produzida de uredósporos foi colocada em um recipiente, homogeneizada e preparada para a contagem e determinação da concentração de esporos em câmara de Neubauer.

Foi realizada leitura do número de esporos presente em gota de 10 µL da suspensão e a partir disso, toda a suspensão foi ajustada para concentração final de 4 x 10^4 uredósporos m L^{-1} (ZANATTA; REIS; ZANATTA, 2012). Após esse processo, a suspensão de uredóporos foi adicionada em pulverizador costal Jacto PJBc à bateria e com capacidade de 20 L e pulverizado de maneira homogênea nas linhas centrais de cada parcela. As pulverizações foram realizadas sempre no final da tarde/início da noite, a fim de manter os esporos o maior tempo possível no escuro e com maior período de umidade e molhamento foliar (ZANATTA; REIS; ZANATTA, 2012).

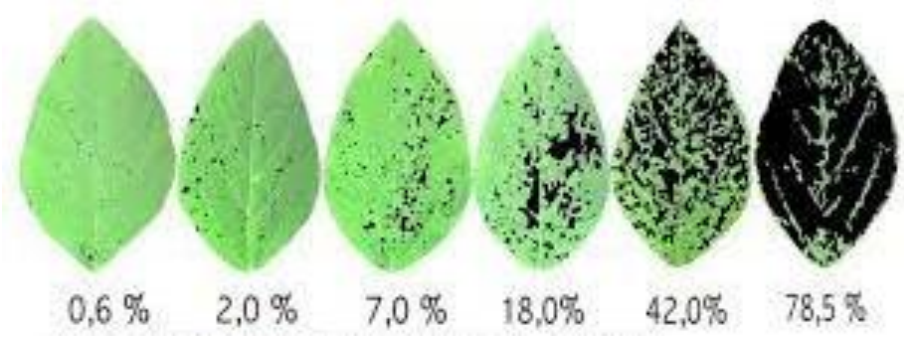
3.5 Severidade da doença e nível de controle

O parâmetro da tomada de decisão para aplicação dos fungicidas na cultura da soja se deu em função da época de aplicação pré estabelecida: R1, R3 e R5.2. A partir do estádio vegetativo V6 foi realizado o monitoramento semanal em cada parcela a fim de verificar a incidência de ferrugem nas plantas. Para isso, foi feita a coleta de 10 folíolos retirados ao acaso da parte inferior da planta, os quais foram identificados e colocados em sacos plásticos. As amostras foram levadas ao laboratório para visualização das estruturas do fungo através de um microscópio estereoscópio (Figura 5).

Figura 5 – **Visualização das pústulas nos folíolos de soja através de microscópio estereoscópio – Botucatu, SP**

As avaliações para determinação da severidade da doença foram realizadas através da porcentagem de área afetada pela ferrugem com o auxílio da escala diagramática proposta por Canteri e Godoy (2003) (Figura 6).

Figura 6 – **Escala diagramática para ferrugem da soja com porcentagem de área afetada**



Fonte: Canteri e Godoy (2003).

Os valores médios da severidade da doença apresentados na Tabela 4 referem-se aos seguintes tratamentos (com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização): T1 – testemunha; T2 – 60/3D; T3 – 90/3D; T4 – 120/3D; T5 – 60/ADI; T6 – 90/ADI e T7 – 120/ADI.

Tabela 4 – **Valores médios da severidade da ferrugem asiática da soja (%) obtidos após a inoculação de *P. pachyrizi*. Botucatu, SP**

DAI	SEVERIDADE (%)						
Safra 2019/2020	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
7	20	1,9	1,59	7,25	2,15	3,63	20,03
14	27,38	4,25	6,04	13,84	2,95	5	26,76
21	39	3,57	5,73	13,29	4,28	6,14	21,84
28	29,96	9,06	17,08	20,17	10,16	10,96	27,63
Safra 2020/2021	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
7	0,44	0,008	0,27	0,70	0,21	0,29	0,26
14	2,63	0,35	0,43	0,82	0,46	0,67	0,60
21	18,85	0,70	0,73	2,86	2,16	3,11	1,17
28	32,72	1,79	5,30	2,83	2,28	2,42	2,83

Em ambas as safras, as pulverizações foram realizadas mediante o nível de severidade estabelecido nas avaliações semanais. Para isso, na primeira pulverização realizada no estádio de desenvolvimento reprodutivo R1 da cultura, foi utilizado o fungicida de contato multissítio Manzate® na dose de 2,5 kg ha^{-1}, produto cujo ingrediente ativo é a base de mancozebe. Na segunda e terceira pulverização, realizadas respectivamente nos estádios reprodutivos R3 e R5.2, foi utilizada a mistura fungicida de Fox® na dose de 0,4 L ha^{-1}, um produto mesostêmico e sistêmico composto pelos ingredientes ativos proticonazol e trifloxistrobina, com Manzate®.

A partir do surgimento das primeiras lesões nos folíolos foi estabelecida a severidade da doença pelo cálculo da Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), conforme proposto por Campbell e Madden (1990). Os valores médios de severidade da doença foram estabelecidos nas respectivas avaliações e a AACPD determinada pela Equação 1 (1).

$$AACPD = \sum[\ (\frac{X_i+1}{2}) * t_i + 1 - t_i \qquad (1)$$

onde:

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença;

x_i = severidade média da doença na parcela experimental no tempo ti;

n = número de avaliações;

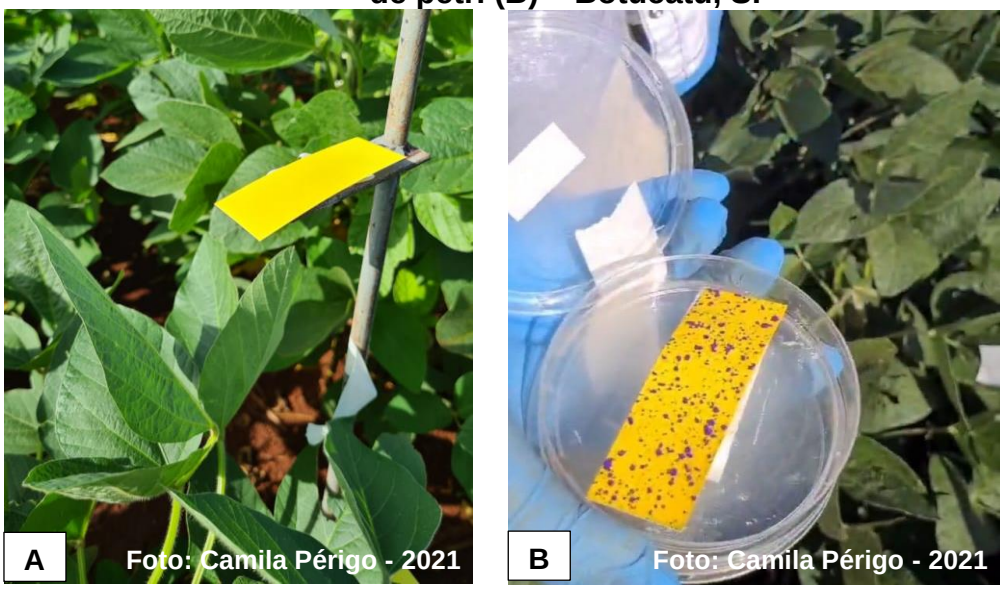
t = data da avaliação; e

(t_i+1-t_i) = intervalo de tempo (dias) entre duas avaliações consecutivas.

3.6 Cobertura da pulverização

A avaliação da cobertura da pulverização foi realizada em papel hidrossensível, simultaneamente nos períodos das análises de controle da ferrugem da soja e da avaliação quantitativa. Foram utilizados dois cartões hidrossensíveis (26 x 76 mm) por parcela, posicionados horizontalmente em hastes de metal correspondentes aos níveis de altura superior e inferior das plantas, conforme sugerido por Souza (2016). As hastes foram posicionadas nas linhas centrais de cada parcela (Figura 7). Logo após a pulverização, os papéis foram removidos, alocados em placas de Petri devidamente identificadas e mantidos em caixa térmica até o momento da análise. As imagens das gotas nos cartões hidrossensíveis foram digitalizadas em scanner de mesa modelo HP DeskJet 5820 com resolução de 1200 dpi. As imagens digitalizadas foram analisadas pelo software Gotas® (EMBRAPA, 2006), com a finalidade de se obter a porcentagem de cobertura nas regiões superior e inferior do dossel da cultura.

Figura 7 – Haste de metal com cartão hidrossensível na região superior da planta (A) e amostra do cartão hidrossensível armazenada em placa de petri (B) – Botucatu, SP



3.7 Deposição da pulverização

A avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização foi realizada nos estádios de desenvolvimento R1, R3 e R5.1, ou seja, simultâneamente as pulverizações realizadas. As pulverizações tiveram como marcador o fungicida de contato mancozebe (Manzate WG na dosagem de 2,5 kg ha^{-1}) na concentração de 750 g do fungicida por quilo do produto comercial. A dosagem recomendada em bula para a cultura da soja foi correspondente ao volume de 120 litros de calda. Assim, para os menores volumes de calda (90 e 60 L ha^{-1}), a concentração do produto fitossanitário foi corrigida.

Foram utilizados alvos artificiais de papel filtro, nas dimensões de 3 x 3 cm, os quais foram fixados com grampos metálicos em sete plantas escolhidas ao acaso nas linhas centrais de cada parcela. Foi fixado quatro alvos em cada planta, sendo dois na parte superior da planta (um na superfície adaxial e outro na superfície abaxial do folíolo mais exposto à pulverização) e dois na parte inferior da planta (Figura 8).

Figura 8 – **Alvo artificial (papel filtro) fixado nas regiões superior e inferior da planta de soja após pulverização – Botucatu, SP**

Após a pulverização, as folhas com os alvos artificiais foram retiradas da planta, colocadas em sacos de papel identificados e levadas ao Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas. No laboratório, os alvos artificiais foram removidos das folhas e colocados em vidro ambar devidamente identificados (Figura 9).

Figura 9 – **Amostras de folíolos com papel filtro para remoção e preparo em vidro âmbar para posterior análise por espectrofotometria – Botucatu, SP**

De acordo com o método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), foram adicionados à cada amostra 20 mL de ácido clorídrico 0,2 mol L^{-1}, posteriormente levados à mesa agitadora da marca Orbital TE 145 por duas horas para a extração do marcador manganês (Mn). As soluções provenientes da extração do marcador foram analisadas em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer modelo 2380 para quantificação do marcador (Figura 10).

Figura 10 – **Procedimento para extração do marcador Mn em alvo artificial: Amostras com papel filtro e ácido clorídrico em mesa agitadora (A) e sendo analisadas em espectrofotômetro de absorção atômica para quantificação do marcador (B) – Botucatu, SP**

A concentração inicial de manganês foi obtida através da coleta da calda no tanque de pulverização, a qual foi diluída em 1:100 e posteriormente submetida a leitura no espectrofotômetro. As concentrações finais de manganês foram obtidas das leituras em espectrofotômetro (µg mL^{-1}) relacionadas à área foliar conhecida do alvo artificial e posteriormente transformadas em volume por unidade de área (µg cm^{-2}) através da equação 2 (2):

$$Ci.Vi = Cf.Vf \qquad (2)$$

onde:

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

Vi = volume retido pelo alvo (mL);
Cf = concentração detectada em densidade óptica (mg L^{-1}); e
Vf = volume de diluição da amostra de cada planta (ml).

O produto dessa fórmula foi dividido pela área foliar conhecida do papel filtro (9 cm^{-2}) e multiplicado por 1000 para transformação do volume retido pelo alvo de mL para µL (OLIVEIRA; MACHADO-NETO, 2003).

3.8 Avaliação da produtividade

Com a finalidade de determinar a influência da eficácia do controle da ferrugem asiática da soja na produção e produtividade da cultura da soja, foi realizada a colheita de cada parcela para comparação entre tratamentos ao final de cada safra.

Em ambas as safras a colheita foi realizada manualmente. Na safra 2019/20, a colheita ocorreu 130 dias após a semeadura (DAS) e na safra 2020/21 aos 128 DAS. Foi realizada a colheita de três amostras de 1,0 metro linear cada de maneira aleatória nas linhas centrais de cada parcela. Posteriormente, as amostras foram debulhadas por uma trilhadeira acoplada ao trator, peneiradas para retirada manual de impurezas e colocadas em sacos de papel devidamente identificados.

A produção de cada parcela foi pesada individualmente em balança de precisão. Além disso, a umidade de cada amostra foi ajustada para 13% de acordo com a equação 3 (3):

$$PC = Pb\ (100-Ur)/100-13 \qquad (3)$$

onde:
PC = peso corrigido da amostra na umidade de 13%;
Pb = peso bruto da amostra; e
Ur = umidade da amostra no momento da pesagem.

A umidade das amostras foi contabilizada através do aparelho Gehaka® AGRI, modelo G929. Após isso, os valores obtidos foram transformados para a produtividade final em kg ha^{-1}.

3.9 Análise dos dados

Em ambas as safras, tanto os resultados das análises qualitativas quanto quantitativas, obtidas nas três avaliações realizadas, foram comparados individualmente para cada período em que ocorreu a pulverização (R1, R3 e R5.2) e de acordo com a região da planta (superior e inferior), no esquema fatorial 2 x 3. Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

A partir dos valores médios obtidos nas análises da severidade da doença e através do cálculo da AACPD e da produtividade da cultura (kg ha^{-1}), foi realizada a análise em esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo dois tipos de pontas de pulverização combinadas com três taxas de aplicação, mais um tratamento adicional sem aplicação, em cinco repetições. Os resultados foram submetidos à ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos com pulverização de fungicida foram comparadas entre si através do teste de Tukey e com o tratamento controle pelo teste de Dunnet, ambos a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$), através do programa estatístico Minitab versão 18.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Depósito da pulverização

4.1.1 Safra 2019/20

Não houve interação entre os fatores tipo de ponta e taxa de aplicação quando foram analisados os depósitos médios da pulverização no estádio reprodutivo R1, indicando a independência entre os dois fatores. Houve diferença significativa entre os níveis de depósito alcançado nas partes superior e inferior da planta, tanto na superfície adaxial quanto na abaxial da folha de soja (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias dos depósitos (µL cm^{-2}) da pulverização no estádio reprodutivo (R1), com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização, comparados separadamente para cada superfície da folha das partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2019/2020. Botucatu,SP

SUPERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,6712	0,6903	0,1056	0,0375
90	0,9641	0,4467	0,1433	0,0666
120	1,7337	0,7771	0,4410	0,0939
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	4,520	0,0462*	4,563	0,0452*
Taxa de aplicação (T)	2,705	0,0913^{NS}	2,487	0,1085^{NS}
P x T	1,530	0,2409^{NS}	1,425	0,2638^{NS}
DMS	1,0001	1,0001	0,3364	0,3364
CV (%)	70,95		141,97	
INFERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,0706	0,0758	0,0285	0,0255
90	0,1560	0,1197	0,0421	0,0485
120	0,5663	0,2802	1,1041	0,0601
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,596	0,4491^{NS}	1,116	0,3033^{NS}
Taxa de aplicação (T)	2,466	0,1103^{NS}	6,395	0,0071*
P x T	0,411	0,6493^{NS}	1,461	0,2557^{NS}
DMS	0,6004	0,6004	0,0561	0,0561
CV (%)	177,38		68,09	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Na parte superior do dossel houve diferença em relação às pontas de pulverização de jato plano 3D e de jato plano com pré-orifício ADI. A média de depósito

na superfície adaxial e abaxial obtido com a ponta 3D foi significativamente maior em relação a ponta ADI, com depósitos de 1,12 e 0,29 µL cm^{-2}, respectivamente. O melhor resultado apresentado pela ponta 3D em relação à ponta ADI, pode estar relacionada com a maneira em que a mesma é montada na barra do pulverizador, o que pode proporcionar maior cobertura da pulverização em ambas as superfícies foliar da soja.

Berger Neto (2015), ao avaliar a eficácia de fungicidas aplicados com diferentes volumes de calda e quatro tipos de pontas de pulverização (JA2, ADI 11002, AI 11002 e BD 11002) no controle de mofo branco na cultura da soja, observou não haver diferença entre as pontas de pulverização sobre a área coberta na parte mediana e superior do dossel.

Souza et al. (2019), avaliando a deposição da calda de pulverização de três modelos diferentes de pontas de pulverização (AXI 11002, AXI TWIN 12002 e J3D 10002), observaram diferença no depósito obtido pelas pontas. A ponta AXI TWIN e J3D se mostraram superiores à AXI quanto ao depósito por centímetro quadrado. Além disso, os autores não identificaram interação entre modelo de ponta e parte da planta (superior e inferior), detectando apenas maior depósito por área foliar na parte superior da planta em relação à inferior.

A parte inferior do dossel, na superfície abaxial da folha, o valor médio de depósito resultante da pulverização com taxa de 120 L ha^{-1} foi significativamente maior à taxa de 60 L ha^{-1} e não houve diferença em relação à taxa de 90 L ha^{-1}.

Cunha et al. (2006), ao avaliarem a deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes volumes de aplicação e tipos de ponta de pulverização, concluíram que o maior volume de aplicação (160 L ha^{-1}) acarretou maior retenção de calda na parte inferior do dossel quando comparado com o menor volume (115 L ha^{-1}), conforme o resultado obtido nesse trabalho.

Griesang (2019), analisando o efeito de modelos de pontas, vazões e caldas fitossanitárias na uniformidade de gotas, verificou que o volume de 150 L ha^{-1} resultou em maior cobertura na parte inferior da cultura da soja quando comparado com o volume de 75 L ha^{-1}.

Negrisoli (2018), ao avaliar o efeito de pontas de jato plano com diferentes angulações e volumes de calda na otimização da pulverização de fungicidas na cultura da soja, concluiu que, na parte inferior do dossel da cultura da soja, o depósito da pulverização na taxa de 250 L ha^{-1} foi superior à taxa de 125 L ha^{-1}.

Esses resultados indicam maior distribuição da calda no alvo, natural ou

artificial, com a maior taxa de aplicação, condição desejada principalmente com o uso de fungicidas protetores. De modo geral, espera-se que o incremento do volume de aplicação proporcione aumento do volume de calda retido até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer escorrimento do produto, o que não é desejado (CUNHA et al., 2006).

Na segunda avaliação da pulverização, a qual foi realizada no estádio reprodutivo R3, na parte superior do dossel, houve diferença significativa para a taxa de aplicação na superfície adaxial da folha, enquanto na abaxial houve diferença significativa na interação entre ponta de pulverização e taxa de aplicação (Tabela 6), indicando menor uniformidade de distribuição no dossel da cultura.

Tabela 6 - Médias de depósito (µL cm^{-2}) da pulverização no estádio reprodutivo (R3), com diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação, comparados separadamente para cada superfície da folha da parte superior e inferior da planta de soja. Safra 2019/2020. Botucatu, SP

SUPERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,7641	0,7383	0,2510 Aa	0,1231 Ba
90	1,2885	1,6179	0,2693 Aa	0,4399 Ab
120	0,6610	0,4354	0,1284 Aa	0,2158 Ba
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,028	0,8687^{NS}	1,034	0,3213^{NS}
Taxa de aplicação (T)	12,474	0,0003*	7,520	0,0037*
P x T	1,093	0,3544^{NS}	4,343	0,0271*
DMS	0,6806	0,6806	0,1870	0,1870
CV (%)	46,33		49,10	
INFERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,3545	0,1807	0,0712	0,0596
90	0,2651	0,1516	0,0881	0,0859
120	0,1725	0,2054	0,1232	0,2136
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,843	0,3694^{NS}	0,823	0,3751^{NS}
Taxa de aplicação (T)	0,263	0,7717^{NS}	4,966	0,0177*
P x T	0,441	0,6493^{NS}	1,337	0,2851^{NS}
DMS	0,4049	0,4049	0,1233	0,1233
CV (%)	114,10		72,04	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam valores de depósito entre as taxas de aplicação (colunas). Letras minúsculas comparam valores de depósito entre as pontas de pulverização (linhas).

De acordo com Souza (2019), avaliar os níveis de depósito permite quantificar a pulverização que atingiu o alvo e também expor o local mais atingido na planta. Nesse caso, nota-se que a maior parte da calda ficou retida na superfície adaxial dos folíolos da parte superior da planta.

É possível observar que a média de depósito da pulverização com a ponta ADI e taxa de aplicação de 90 L ha^{-1} foi significativamente maior à ponta 3D e às taxas de 120 e 60 L ha^{-1}. Neste caso, a maior taxa de aplicação não otimizou o depósito das gotas ao longo do dossel da cultura, principalmente na parte inferior da planta.

Corroborando com o presente trabalho, Cunha et al. (2006), ao avaliarem o controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda, observaram que os volumes de aplicação acarretaram diferença na quantidade de calda retida entre as regiões do dossel, onde o menor volume de calda (115 L ha^{-1}), em comparação ao maior volume (160 L ha^{-1}), proporcionou maior diferença de volume retido entre as partes superior e inferior, indicando então menor uniformidade de deposição da calda na planta.

Na parte inferior do dossel, na superfície adaxial das folhas, não foram encontradas diferenças significativas em relação à ponta de pulverização e taxa de aplicação. Já na superfície abaxial, diferença significativa foi detectada apenas para taxa de aplicação, onde 120 L ha^{-1} foi significativamente superior à taxa de 60 L ha^{-1} e sem diferença significativa para a taxa de 90 L ha^{-1}.

Adegas et al. (2019), avaliando a eficácia da deposição de gotas em todo o dossel da soja, em estádio reprodutivo, em função da tecnologia de aplicação, com o uso de diferentes pontas e volumes de calda, concluíram que o aumento do volume de calda proporcionou maiores taxas de depósito ao longo de todo o dossel da cultura, sendo o maior depósito do volume de calda de 240 L ha^{-1}, seguido de 200, 160, 120 e 80, sendo estes dois últimos sem diferença entre si.

Avaliando a penetração das gotas da pulverização e o rendimento de grãos em função da cultivar, do arranjo de plantas e o volume de calda em três estádios do ciclo da cultura da soja, Fiorin (2009) constatou que o depósito ao longo de todo o dossel da cultura da soja diferiu em função do volume de calda, onde o maior volume (150 L ha^{-1}) promoveu maior deposição em comparação aos volumes de 75 e 100 L ha^{-1}.

Ao ser comparado parte superior com inferior da planta, nota-se que as médias de todas as pontas de pulverização e taxa de aplicação proporcionam

deposição maior na parte superior da planta.

De acordo com Cunha et al. (2006), a comparação da deposição ao longo do dossel da planta permite identificar a uniformidade de distribuição da pulverização com a tecnologia de aplicação utilizada, além de analisar a capacidade de penetração no dossel da cultura.

A pulverização com ponta ADI e taxa de aplicação de 90 L ha^{-1} promoveu melhor penetração das gotas no dossel da cultura, aumentando a deposição na parte superior da planta. Visualmente, no momento da pulverização realizada no estádio R3, o dossel da cultura se encontrava mais fechado em relação à primeira pulverização realizada em R1 e com maior índice de área foliar. Isso justifica a maior deposição da pulverização na parte superior da planta e redução na penetração no interior do dossel da cultura, diminuindo a deposição de calda na parte inferior da planta.

Boschini et al. (2008), ao avaliarem a quantidade de calda depositada nas folhas da soja, constataram que a deposição de calda diminuiu significativamente da parte superior para a parte inferior da planta, independentemente do volume de calda ou tipo de ponta utilizado, concordando com os resultados aqui obtidos.

4.1.2 Safra 2020/21

Tanto na parte superior quanto na parte inferior da planta, a avaliação da pulverização no estádio reprodutivo R1 da cultura da soja apresentou diferença significativa apenas para o fator taxa de aplicação. Na parte superior da planta, a interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação e o fator isolado ponta de pulverização não houve significância nos resultados (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias de depósito (µL cm^{-2}) da pulverização no estádio reprodutivo (R1), com diferentes as pontas de pulverização e taxas de aplicação, comparados separadamente para cada superfície da folha da parte superior e inferior da planta de soja. Safra 2020/2021. Botucatu, SP

SUPERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,3369	0,3864	0,1134	0,0587
90	0,6337	0,5200	0,0981	0,1564
120	0,7671	1,3032	0,1960	0,1009
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	2,085	0,1643 ^{NS}	0,485	0,4943 ^{NS}
Taxa de aplicação (T)	13,287	0,0002*	0,701	0,5077 ^{NS}
P x T	3,209	0,0619 ^{NS}	1,099	0,3526 ^{NS}
DMS	0,4777	0,4777	0,1919	0,1919
CV (%)	45,36		99,40	
INFERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,1541	0,1185	0,0576	0,0286
90	0,3284	0,3266	0,0507	0,0484
120	0,2398	0,4841	0,0839	0,0839
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	1,089	0,3091 ^{NS}	0,757	0,3945 ^{NS}
Taxa de aplicação (T)	4,509	0,0242*	4,453	0,0251*
P x T	1,780	0,1943 ^{NS}	0,602	0,5573 ^{NS}
DMS	0,2898	0,2898	0,0525	0,0525
CV (%)	65,76		55,76	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Nos resultados referentes principalmente a superfície adaxial da folha, é possível notar tendência de aumento da deposição com o incremento da taxa de aplicação.

Derksen e Sanderson (1996), analisando a influência do volume de calda (47 a 1.870 L ha^{-1}) na deposição foliar de produtos fitossanitários, observaram melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel da cultura com o uso de maiores volumes de aplicação.

Os resultados obtidos na parte inferior da planta, apresentaram diferença significativa apenas para o fator taxa de aplicação. Assim como na parte superior da planta, observou-se uma tendência de aumento da deposição com o incremento da taxa de aplicação, tanto na superfície adaxial quanto na abaxial da folha da parte inferior da planta.

A segunda pulverização ocorreu na fase de desenvolvimento R3 da cultura da

soja. Houve interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação na parte superior da planta, assim como no fator isolado ponta de pulverização (Tabela 8). Já na parte inferior da cultura, houve diferença apenas para o fator ponta de pulverização na superfície adaxial da folha e no fator taxa de aplicação para a superfície abaxial.

Tabela 8 - Médias de depósito (µL cm^{-2}) da pulverização no estádio reprodutivo (R3), com diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação, comparadas separadamente para cada superfície da folha da parte superior da planta de soja. Safra 2020/2021. Botucatu, SP

SUPERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,7008 Aa	0,5774 Ba	0,4209	0,2515
90	0,8483 Aa	0,9687 Ba	0,6518	0,2684
120	0,1622 Ab	2,5527 Aa	0,0685	0,2842
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	10,019	0,0049*	0,881	0,3592^{NS}
Taxa de aplicação (T)	2,778	0,0862^{NS}	1,882	0,1783^{NS}
P x T	10,135	0,0009*	2,142	0,1436^{NS}
DMS	1,1022	1,1022	0,5250	0,5250
CV (%)	71,10		101,15	
INFERIOR				
Taxa de aplicação	Adaxial		Abaxial	
	3D	ADI	3D	ADI
60	0,1002	0,1067	0,0283	0,0279
90	0,1548	0,2539	0,0453	0,0465
120	0,0796	0,3315	0,0645	0,0705
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	8,306	0,0092*	0,277	0,6043^{NS}
Taxa de aplicação (T)	2,675	0,0934^{NS}	27,602	0,0000*
P x T	2,994	0,0729^{NS}	0,200	0,8206 ^{NS}
DMS	0,1813	0,1813	0,0190	0,0190
CV (%)	66,17		25,17	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam valores de depósito entre as taxas de aplicação (colunas). Letras minúsculas comparam valores de depósito entre as pontas de pulverização (linhas).

Como pode ser observado, na parte superior da planta, a maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com maior deposição, principalmente na superfície adaxial da folha. Da mesma forma, a ponta de pulverização ADI mostrou melhores resultados de depósito da calda do produto fitossanitário. Já a ponta de pulverização 3D combinada com a maior taxa de aplicação

(120 L ha^{-1}), mostrou baixa deposição em ambas as superfícies da folha, diferindo significativamente dos demais tratamentos na superfície adaxial da folha.

Verifica-se que houve aumento da deposição com o uso de diferentes pontas de pulverização e com o incremento da taxa de aplicação. Resultado semelhante foi encontrado por Román (2009), onde ao avaliar diferentes pontas de pulverização e volumes de calda na cultura da soja, concluiu que para as partes superior e inferior da cultura da soja, houve incremento do depósito com o aumento do volume de calda.

Na parte inferior da planta, observa-se que a ponta de pulverização ADI e a maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) apresentaram maior deposição da calda. De modo geral, a quantidade de produto depositado foi maior na superfície adaxial da folha.

Com resultados semelhantes a esse trabalho, Ozkan et al. (2006) avaliaram diferentes pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja e observaram superioridade das pontas de jato plano, com espectro de gotas médio, em relação às pontas de jato plano duplo e jato cônico vazio, com espectro de gotas fino, na deposição do dossel da cultura da soja.

Cunha, Juliatti e Reis (2014), avaliando 13 tipos diferentes de pontas de pulverização para o controle da ferrugem asiática da soja, concluíram que as pontas com gotas médias apresentaram melhores resultados de deposição da calda do fungicida aplicado.

Comparando os resultados de ambas as safras é possível notar algumas semelhanças, principalmente em relação à significância da interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação, na parte superior da planta, na pulverização realizada no estádio de desenvolvimento R3 da cultura da soja. Na safra 2019/20, a diferença significativa ocorreu na superfície abaxial da folha, enquanto na safra 2020/21, na superfície adaxial.

De modo geral, os resultados obtidos se mostraram bastante similares entre si, indicando menores valores de depósito na parte inferior das plantas, justificado pelo índice de área foliar da cultura, e valores maiores para depósito na parte superior da planta.

4.2 Cobertura da pulverização

4.2.1 Safra 2019/20

Na pulverização realizada no estádio reprodutivo R1, a porcentagem de cobertura da calda na parte superior da planta não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Já na parte inferior da planta, houve diferença significativa tanto para o fator taxa de aplicação quanto para a interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de cobertura da pulverização (%) em papel hidrossensível no estádio reprodutivo (R1), com as pontas e taxas de aplicação comparados separadamente nas partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2019/2020. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	16,9360	11,5244	0,6102 Ab	4,0924 Aa
90	10,6660	22,4370	0,3346 Ab	0,0392 Bb
120	9,7412	1,4428	0,0000 Ab	0,0000 Bb
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,018	0,8947 ^{NS}	2,510	0,1288^{NS}
Taxa de aplicação (T)	1,913	0,1737 ^{NS}	5,067	0,0166*
P x T	1,688	0,2102 ^{NS}	3,273	0,0589*
DMS	21,1389	21,1389	2,9392	2,9392
CV (%)	108,91		217,01	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam valores de cobertura entre as taxas de aplicação (colunas). Letras minúsculas comparam valores de cobertura entre as pontas de pulverização (linhas).

No parte inferior da planta, com taxa de aplicação de 60 L ha^{-1} e ponta de pulverização ADI, foi observado uma cobertura de 4,09% no cartão hidrossensível, diferindo estatisticamente da cobertura de 0,03% e 0% obtidas pelas taxas de 90 e 120 L ha^{-1}, respectivamente, com a mesma ponta de pulverização.

A diferença estatística dos valores de cobertura na parte inferior da planta, principalmente entre as diferentes taxas de aplicação na pulverização com a ponta ADI, pode ser justificada devido a alta umidade na parte inferior da planta que atingiu os cartões hidrossensíveis antes ou após a pulverização, com as respectivas taxas de 90 e 120 L ha^{-1}. Portanto, esses cartões foram descartados da leitura estatística.

De modo geral, pode-se observar que houve menor porcentagem de cobertura na parte inferior da planta. A menor taxa de aplicação foi suficiente para

promover diferença significativa de cobertura na parte inferior da planta, indicando menor uniformidade de cobertura da calda nessa região da cultura, quando comparada com a parte superior.

Em relação à parte superior da planta, a maior taxa de aplicação apresentou menor porcentagem de cobertura devido a umidade que pode ter interferido no cartão hidrossensível, antes ou após a pulverização, sendo necessário o descarte dos mesmos das análises estatísticas.

A segunda pulverização foi realizada no estádio reprodutivo R3 da cultura da soja. Tanto na parte superior quanto na parte inferior do dossel, não foram encontradas diferenças significativas para pontas de pulverização, taxa de aplicação e para a interação entre esses fatores (Tabela 10). Apesar da cobertura da calda observada na parte superior ter sido maior em relação à parte inferior, nenhum tratamento foi capaz de oferecer uma cobertura suficiente a ponto de mostrar uma diferença significativa nesse estádio de desenvolvimento da cultura, ou seja, com maior índice de área foliar e fechamento do dossel da cultura promovido pelo crescimento das plantas.

Considerando o início do desenvolvimento da ferrugem asiática da soja na parte inferior da cultura, é importante que haja uma boa cobertura dos fungicidas aplicados nessa parte da planta e, principlamente, nesse estádio é fundamental para o sucesso do controle químico da *Phakopsora pachyrhizi*.

Tabela 10 - Valores médios de cobertura da pulverização (%) em papel hidrossensível no estádio reprodutivo R3, com diferentes pontas e taxas de aplicação comparados separadamente para as partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2019/2020. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	10,2236	21,5454	6,9734	5,2076
90	36,3506	26,7320	10,4012	15,0918
120	29,0936	22,3996	11,4872	12,3456
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,067	0,7990 ^{NS}	0,072	0,7911^{NS}
Taxa de aplicação (T)	2,010	0,1602 ^{NS}	0,795	0,4655 ^{NS}
P x T	1,031	0,3748 ^{NS}	0,159	0,8539 ^{NS}
DMS	28,2661	28,2661	20,5985	20,5985
CV (%)	72,39		125,52	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Da mesma forma, Román et al. (2009), avaliando a cobertura da calda de

pulverização na cultura da soja em função de duas pontas de pulverização e três volumes de calda, observaram menor porcentagem de cobertura na parte inferior (10%) e maiores porcentagens na parte superior (48%) da cultura da soja.

Cunha et al. (2008), ao avaliarem o controle químico da ferrugem asiática da soja em função do uso de diferentes tipos de pontas de pulverização e volumes de aplicação, concluíram que não houve diferença entre os volumes de calda avaliados (150 e 200 L ha^{-1}), observando grande desuniformidade de cobertura ao longo do dossel, resultado semelhante ao obtido neste trabalho.

Santos et al. (2005), analisando quatro pontas de pulverização de jato plano e dois volumes de calda, não verificaram interação significativa entre os fatores pontas de pulverização e volume de calda, indicando independência entre os fatores avaliados.

Na terceira pulverização, realizada no estádio reprodutivo R5.2, assim como na pulverização anterior, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados, tanto na parte superior quanto na inferior do dossel (Tabela 11). Ou seja, independente do tipo de ponta de pulverização e taxa de aplicação, não houve diferença entre os tratamentos para promover boa porcentagem de cobertura a fim de controlar a ferrugem asiática da soja.

Tabela 11 - Valores médios de cobertura da pulverização (%) em papel hidrossensível no estádio reprodutivo R5.2, com diferentes pontas e taxas de aplicação comparados separadamente para as partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2019/2020. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	36,2228	25,1598	3,5330	4,2152
90	32,2246	43,7118	0,0000	0,0000
120	41,1340	32,2366	0,0000	0,0000
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,173	0,6819 ^{NS}	0,019	0,8913 ^{NS}
Taxa de aplicação (T)	0,436	0,6524 ^{NS}	2,471	0,1099 ^{NS}
P x T	1,119	0,3462 ^{NS}	0,019	0,9810 ^{NS}
DMS	29,7690	29,7690	7,2027	7,2027
CV (%)	52,96		348,42	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Os dados revelam que houve elevada heterogeneidade de cobertura da calda ao longo do dossel da cultura. A parte superior apresentou maior porcentagem de cobertura em relação à parte inferior da planta. Esse fato pode ser explicado de acordo

com o estádio de desenvolvimento no qual a cultura se encontrava no momento da pulverização, com dossel completamente fechado e alto índice de área foliar.

Os papeis hidrossensíveis utilizados nessa pulverização podem constituir outro fator que interfere no fato da parte superior ter apresentado maiores resultados de cobertura em comparação à parte inferior. As aplicações tiveram início no período da manhã com a taxa de 120, seguida das taxas de 90 e 60 L ha^{-1}, respectivamente. Portanto, no momento da pulverização, com as taxas de 120 e 90 L ha^{-1}, é possível que a umidade do ambiente tenha afetado os dados de cobertura com os cartões de papel hidrossensível, manchando-o antes ou depois da pulverização ser realizada. Por isso, esses cartões hidrossensíveis foram retirados das análises subsequentes, diminuindo as variáveis analisadas.

Moniz (2020), avaliou a interação entre os formatos dos jatos de pulverização, com espectro de gotas similares e volumes de calda na cobertura das folhas de soja e observou que, na parte superior das plantas de soja houve maior porcentagem da cobertura das folhas no volume de calda de 200 L ha^{-1} (60,19%) quando comparado com o volume de calda de 100 L ha^{-1} (43,59%).

Negrisoli (2018), ao avaliar o efeito de pontas de jato plano e volumes de calda na otimização da pulverização de fungicidas na cultura da soja, concluiu que em ambas as partes da planta, ou seja, superior e inferior, a cobertura das folhas no volume de 250 L ha^{-1} (64,6%) foi superior à cobertura com o volume de 125 L ha^{-1} (39,8%).

Cunha e Peres (2010), avaliando a deposição do fungicida no dossel da cultura da soja ao utilizar diferentes pontas de pulverização com dois volumes de calda, observaram que houve grande desuniformidade de cobertura em relação aos terços das plantas, sendo a cobertura na parte superior da planta maior que na parte inferior, assim como neste trabalho.

Cunha et al. (2008) mostraram que, devido ao fechamento da cultura promovido pelo crescimento das plantas de soja, a cobertura na parte superior da cultura foi maior que na parte inferior. Além disso, os autores observaram que o aumento do volume de aplicação de 150 para 200 L ha^{-1} não foi suficiente para diminuir esse problema.

4.2.2 Safra 2020/21

Na avaliação da pulverização realizada no estádio reprodutivo R1 da cultura da soja, a porcentagem de cobertura da calda aplicada na parte superior não apresentou diferença significativa para a interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação (Tabela 12). Apresentou significância os resultados referentes à ponta de pulverização e à taxa de aplicação, na parte superior da planta, e à taxa de aplicação na parte inferior.

Tabela 12 - Valores médios de cobertura (%) da pulverização em papel hidrossensível no estádio reprodutivo (R1), com diferentes pontas e taxas de aplicação comparados separadamente para as partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2020/2021. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	17,4580	7,6062	5,0922	3,7690
90	31,4082	22,5526	8,3012	6,9868
120	30,5240	19,8020	13,8580	15,8720
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	9,718	0,0054*	0,007	0,9364^{NS}
Taxa de aplicação (T)	8,339	0,0023*	5,747	0,0107*
P x T	0,029	0,9711^{NS}	0,186	0,8315 ^{NS}
DMS	13,7958	13,7958	11,2843	11,2843
CV (%)	39,97		78,50	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Na parte superior da planta, os resultados indicam que houve maior porcentagem de cobertura no tratamento que utilizou taxa de aplicação de 90 L ha^{-1} e a ponta de pulverização 3D. Entretanto, na parte inferior da planta, foi constatado maior porcentagem de cobertura com o uso da maior taxa de aplicação e com a ponta de pulverização ADI.

Silva et al. (2019) avaliaram a porcentagem de cobertura em folhas de soja com diferentes pontas de pulverização e concluíram que, na parte inferior da planta, a ponta do tipo jato plano, com a taxa de aplicação 150 L ha^{-1}, mostrou-se significativamente superior às demais pontas em teste (pontas de jato cônico cheio e cônico vazio), apresentando as maiores porcentagens de cobertura.

A segunda pulverização foi realizada no estádio reprodutivo R3 da cultura. Nessa avaliação, os resultados obtidos em papel hidrossensível foram significativos apenas para o fator taxa de aplicação, tanto na parte superior, quanto na parte inferior

da planta de soja (Tabela 13).

De maneira semelhante a esse trabalho, Moniz (2020) avaliou formatos dos jatos de pulverização e volumes de calda na cobertura das folhas de soja e observou que não houve interações entre os modelos das pontas de pulverização e os volumes de calda na análise da cobertura, tanto na parte superior quanto na parte inferior do dossel da cultura. Além disso, a autora concluiu que, na parte inferior do dossel, ocorreu maior porcentagem de cobertura no maior volume de calda (200 L ha^{-1}) comparado com o menor volume de calda (100 L ha^{-1}), sendo a diferença de 52,32% entre os volumes de calda.

Tabela 13 - Valores médios de cobertura da pulverização (%) em papel hidrossensível no estádio reprodutivo (R3), com diferentes pontas e taxas de aplicação comparados separadamente para as partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2020/2021. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	19,0128	10,9230	1,4858	0,7824
90	39,8064	47,2292	5,6014	7,4402
120	17,6682	22,9020	18,4578	34,8074
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,042	0,8398 ^{NS}	0,682	0,4185 ^{NS}
Taxa de aplicação (T)	5,565	0,0120*	4,838	0,0193*
P x T	0,425	0,6592^{NS}	0,567	0,5762 ^{NS}
DMS	32,5806	32,5806	30,9299	30,9299
CV (%)	77,51		169,05	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Não houve diferença significativa na interação entre ponta de pulverização e taxa de aplicação em ambas as partes do dossel da cultura. De qualquer forma, assim como na primeira avaliação, observou-se que, na parte superior da planta, o resultado obtido da pulverização com 90 L ha^{-1} foi superior aos demais tratamentos. Seguindo o mesmo padrão da primeira avaliação, a maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) com a ponta de pulverização ADI, apresentou porcentagem de cobertura mais relevante em relação aos demais tratamentos.

É possível que a umidade elevada do ambiente tenha interferido na maioria dos cartões hidrossensíveis, de modo a serem descartados dessa avaliação, explicando, então, a menor porcentagem de cobertura encontrada para a taxa de aplicação de 120 L ha^{-1}.

A terceira pulverização foi realizada no estádio reprodutivo R5.2 da cultura da soja. Nessa avaliação, os resultados foram significativos para a interação entre os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação e para o fator isolado taxa de aplicação, ambos na parte superior do dossel. Os resultados obtidos para a parte inferior da cultura foram todos não significativos (Tabela 14).

Tabela 14 - Valores médios de cobertura da pulverização (%) em papel hidrossensível no estádio reprodutivo (R5.2), com com diferentes pontas e taxas de aplicação comparados separadamente para as partes superior e inferior da planta de soja. Safra 2020/2021. Botucatu, SP

Taxa de aplicação (L ha^{-1})	Superior		Inferior	
	3D	ADI	3D	ADI
60	30,0894 Aa	15,6424 Ab	3,2544	2,2616
90	6,1164 Bb	21,4168 Aa	8,3958	1,9666
120	28,0310 Aa	20,1198 Aa	5,0660	13,1472
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,495	0,4899^{NS}	0,002	0,9631^{NS}
Taxa de aplicação (T)	3,785	0,0404*	0,622	0,5469 ^{NS}
P x T	7,283	0,0042*	0,814	0,4572^{NS}
DMS	14,6629	14,6629	20,5646	20,5646
CV (%)	45,26		226,09	

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam valores de cobertura entre as taxas de aplicação (colunas). Letras minúsculas comparam valores de cobertura entre as pontas de pulverização (linhas).

A porcentagem de cobertura da pulverização no papel hidrossensível da interação entre a ponta 3D com a taxa de 90 L ha^{-1}, foi significativamente menor comparada aos demais tratamentos. Também foi significativamente menor a porcentagem de cobertura da interação entre a ponta ADI com a menor taxa de aplicação (60 L ha^{-1}).

A maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) proporcionou maior porcentagem de cobertura em ambas as partes do dossel (superior e inferior), indicando que houve aumento da cobertura com o incremento da taxa de aplicação. Normalmente, espera-se que o incremento da taxa de aplicação possibilite o aumento do volume de calda retido na superfície até certo ponto. A partir do momento em que a superfície não retém mais o líquido, ocorre o escorrimento da calda, fato esse não desejado principalmente para fungicidas de contato.

Esses resultados também foram obtidos por Berger-Neto (2015), que avaliou

o efeito de pontas e volumes de pulverização em soja para o controle do mofo branco e observou que, em todas as partes do dossel da cultura, o volume de aplicação de 200 L ha^{-1} proporcionou maior porcentagem de cobertura em relação ao volume de 100 L ha^{-1}.

Cunha et al. (2011), ao avaliarem pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicidas na cultura da soja, observaram não haver diferença significativa entre as pontas avaliadas nas partes superior e inferior, porém, o volume de calda de 200 L ha^{-1} forneceu maior cobertura da pulverização quando comparado ao volume de 130 L ha^{-1}. Além disso, os autores concluíram que a deposição da parte superior do dossel foi 44% superior ao estrato inferior, indicando alta desuniformidade de distribuição.

Zôrzo (2015) avaliou volumes de calda para aplicação de fungicidas na cultura da soja e observou que a porcentagem de cobertura do alvo foi menor na parte inferior da planta para todos os tratamentos. O autor também concluiu que, na parte superior da planta, a maior porcentagem de cobertura ocorreu com o maior volume de calda (210 L ha^{-1}) e a menor cobertura se deu com o menor volume de calda (84 L ha-^{1}).

4.3 Severidade da doença, eficácia de controle e produtividade da soja

4.3.1 Safra 2019/20

Nas Tabelas 15 e 16, têm-se os resultados de severidade (AACPD), produtividade (Kg ha^{-1}) e peso de 1.000 grãos (PMG) da cultura da soja na safra 2019/20. Não houve interação significativa do fator ponta de pulverização com o fator taxa de aplicação sobre a produtividade da cultura. Por outro lado, pode-se observar diferença significativa dos fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação, bem como para a interação entre eles sobre a severidade da doença. Em relação ao PMG, não houve efeito de nenhum dos fatores avaliados sobre o seu resultado.

O tratamento representado pela ponta de pulverização ADI com a taxa de aplicação de 60 L ha^{-1} apresentou melhor resultado para o controle de severidade da ferrugem asiática da soja. Estatisticamente, a interação da ponta de pulverização ADI com a taxa de aplicação 120 L ha^{-1} diferiu em relação aos demais tratamentos, demonstrando menor controle da doença.

Tabela 15 - Efeito das pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre a severidade da doença (AACPD) e sobre a produtividade (kg ha^{-1}) da cultura da soja na safra 2019/2020. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	AACPD		Produtividade	
	3D	ADI	3D	ADI
60	99,7920 Ba	92,0943 Ba	4.581,64	4.747,19
90	153,3560 Ba	130,9153 Ba	4.635,36	4.740,65
120	290,4432 Aa	540,5788Ab	4.235,04	3.578,19
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	5,695	0,0270*	0,281	0,6020^{NS}
Taxa de aplicação (T)	42,125	0,0000*	4,470	0,0248*
P x T	8,296	0,0024*	1,189	0,3252^{NS}

^{NS}: Não significativo; * significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam valores de AACPD entre as taxas de aplicação (colunas). Letras minúsculas comparam valores de AACPD entre as pontas de pulverização (linhas).

Tabela 16 - Efeito das pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o peso de 1.000 grãos (g) da cultura da soja na safra 2019/2020. Botucatu,SP

Taxa de aplicação	PMG	
	3D	ADI
60	203,1878	198,3870
90	200,3390	204,5116
120	193,9314	191,4396
Causas de variação	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,072	0,7910^{NS}
Taxa de aplicação (T)	2,419	0,1146^{NS}
P x T	0,483	0,6241^{NS}

^{NS}: Não significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Teoricamente, o esperado era a maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) apresentar maior controle da doença. Porém, pode-se observar que a menor taxa de aplicação (60 L ha^{-1}) apresentou resultados melhores sobre o progresso da doença. Esse fato pode ser explicado pelo dobro da concentração de produto fitossanitário no menor volume aplicado.

Souza (2019) afirma que a concentração da calda no tanque é inversamente proporcional ao volume de aplicação, demonstrando que, para o mesmo depósito sobre o alvo oriundo de pulverizações com taxas de aplicação diferentes, a quantidade do produto fitossanitário será maior quando o volume de aplicação for menor.

A produtividade da cultura da soja possui relação direta com a severidade da doença. Assim, como o controle da ferrugem asiática da soja foi menor nos tratamentos com a pulverização na taxa de 120 L ha^{-1}, a produtividade do mesmo está

coerente com esse resultado, mostrando-se menor em relação aos demais resultados.

A comparação entre tratamentos com a testemunha é apresentada na Tabela 17, que mostra os valores referentes à severidade da doença (AACPD), produtividade (kg ha^{-1}) e peso de mil grãos – PMG (g). As variáveis AACPD e PMG diferiram significativamente da testemunha na comparação com os demais tratamentos.

Tabela 17 – Valores médios de produtividade (kg ha^{-1}), severidade da doença (AACPD) e peso de 1000 grãos (g) em função das pontas de pulverização e taxas de aplicação e em comparação com a testemunha (sem controle químico) para FAS, na safra 2019/2020. Botucatu, SP

Tratamento	AACPD	Produtividade	PMG
1 – Testemunha	569,4	4.092	171,39
2 – 3D/60	99,8*	4.582	203,19*
3 – 3D/90	153,4*	4.635	200,34*
4 – 3D/120	290,4*	4.235	193,93*
5 – ADI/60	92,1*	4.747	198,39*
6 – ADI/90	144,3*	4.618	203,27*
7 – ADI/120	463,4	3.854	194,45*

Médias seguidas por * diferiram em comparação com a testemunha pelo teste de Dunnet a $p<0,05$.

Apenas o tratamento 7 (ADI/120) não diferiu da testemunha quanto à severidade da doença e a produtividade, apresentando valor alto para a AACPD e baixo para produtividade, indicando a falta de controle para a FAS. Por outro lado, o mesmo tratamento diferiu da testemunha quanto ao PMG, indicando que o efeito da mesma ponta de pulverização e taxa de aplicação foi suficiente para afetar o peso dos grãos da cultura.

Diferentes doses de fungicidas proporcionaram diferenças no controle da ferrugem da soja. Além disso, como já visto, a baixa porcentagem de cobertura na região inferior da cultura pode ter influenciado na redução do controle da doença e produtividade do tratamento em questão, tendo em vista que a ferrugem asiática da soja se manifesta, inicialmente, nas regiões mais baixas da cultura.

Os demais tratamentos mostraram diferença nos valores da severidade da doença, mostrando a eficácia dos tratamentos utilizados e a importância do controle químico no manejo de doenças. Além disso, os resultados mostraram ser viável o uso da redução da taxa de aplicação associada a diferentes tipos de pontas de pulverização.

Por outro lado, em relação à testemunha, pode-se observar que todos os

tratamentos avaliados apresentaram aumento da produtividade de apenas 8%, portanto, não diferindo estatisticamente da testemunha. Esse fato mostra que, mesmo com controle químico da ferrugem asiática da soja mostrando-se eficiente na maioria dos tratamentos, o resultado do tratamento 7 (ADI/120 L ha^{-1}) afetou a produtividade obtida.

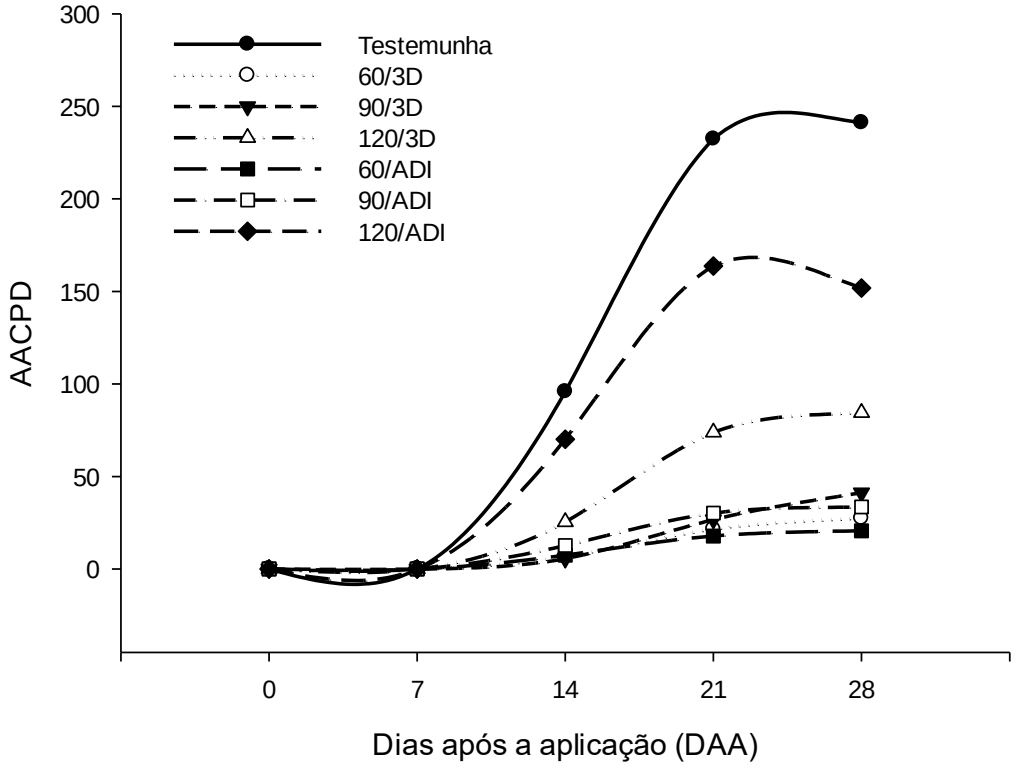
Cunha e Peres (2010), estudando o controle químico da ferrugem asiática da soja levando em consideração volumes de calda e pontas de pulverização, constataram que não houve diferença significativa para severidade da doença, massa de 1000 grãos e produtividade em relação aos dois volumes de calda (200 e 250 L ha^{-1}). Devido a isso, os autores recomendaram o uso do menor volume testado com a finalidade de aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores, reduzindo os custos operacionais.

Tormen et al. (2012), avaliando a eficácia de programas de controle químico da ferrugem asiática aplicados com diferentes pontas de pulverização e cultivares, averiguaram que, em relação aos programas de controle químico utilizados para controle da ferrugem, aqueles com aplicação de fungicidas foram sempre superiores à testemunha sem aplicação. Além disso, mostraram que o rendimento de grãos da cultura da soja foi afetado pelos programas de controle, pontas de pulverização e cultivares utilizados.

Em trabalho realizado por Cunha et al. (2006), a aplicação do fungicida proporcionou um aumento médio da produtividade da soja de 41% em relação à testemunha, mostrando que o controle da ferrugem foi viável, apesar do tipo de ponta de pulverização ou volume de calda aplicado.

Pela Figura 11, pode-se verificar a curva de progresso da doença, utilizada para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) na safra 2019/20. É possível observar que houve incremento na severidade da ferrugem no tratamento sem pulverização (testemunha), seguido do tratamento ADI/120 L ha^{-1} a partir de 14 dias após a aplicação (DAA). Com exceção do tratamento 3D/120 L ha^{-1} que apresentou um leve aumento da doença, os demais tratamentos permaneceram com valores reduzidos e crescimento moderado 21-28 dias após a aplicação.

Figura 11 - Curva de progresso da ferrugem asiática na cultura da soja, com controle químico sob diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação, durante a safra 2019/2020 – Botucatu, SP, 2019



A baixa diferença entre os valores de AACPD dos tratamentos 4 (3D/120 L ha^{-1}) e 7 (ADI/120 L ha^{-1}) com a testemunha, resultou numa menor eficiência de controle dos tratamentos com fungicidas. O fato da maior taxa de aplicação (120 L ha^{-1}) apresentar menor controle da ferrugem asiática da soja pode estar relacionado com a baixa porcentagem de cobertura observada na primeira pulverização, realizada no estádio reprodutivo R1, principalmente na parte inferior do dossel, onde a doença se inicia. É importante ressaltar, também, que a primeira pulverização foi realizada apenas com Manzate® (fungicida protetor), enquanto as demais pulverizações foram realizadas em mistura com Fox® (fungicida sistêmico).

Outro fator que pode justificar o fato da menor taxa de aplicação ter apresentado melhores resultados para o controle da ferrugem asiática da soja é a concentração do produto na calda. Ao reduzir a taxa de aplicação de 120 L ha^{-1} para 60 L ha^{-1}, dobrou-se a concentração do produto na calda. Sabe-se que o fungicida

utilizado nas avaliações desse estudo foi o Fox®, produto com boa mobilidade nas plantas (sistêmico). Portanto, o produto sistêmico aplicado com menor volume de calda resultou em boa distribuição na planta. Nesse caso, a porcentagem de cobertura do alvo pode não apresentar grande influência no controle da doença e sim o fato da taxa de aplicação estar com o dobro da concentração de produto (Manzate® e Fox®), mostrando bons níveis de controle da ferrugem asiática, mesmo com a menor taxa de aplicação.

Apesar de não ser o esperado, os resultados obtidos para a maior taxa de aplicação utilizada mostram-se coerentes entre si, uma vez que a porcentagem de cobertura da planta, principalmente na parte inferior do dossel, foi baixa, resultando em menor controle da doença e, consequentemente, em menor produtividade.

Portanto, com os resultados obtidos na safra 2019/20, fica evidente que a menor taxa de aplicação (60 L ha^{-1}) promoveu uma cobertura satisfatória, melhor controle da ferrugem asiática e maior produtividade, mostrando-se mais favorável para aplicações com fungicidas no controle de doenças na cultura da soja.

4.3.2 Safra 2020/21

Nas tabelas 18 e 19 pode-se observar os resultados de severidade (AACPD) da ferrugem asiática da soja, produtividade (kg ha^{-1}) e o peso de 1.000 grãos – PMG (g) da cultura da soja durante a safra de 2020/21. Não houve diferença significativa para ponta de pulverização, taxa de aplicação e na interação entre os fatores analisados, tanto para AACPD, quanto para produtividade e PMG.

Em comparação com a safra anterior, pode-se observar que o nível de interferência da doença nessa safra foi bem inferior ao da safra passada. Por esse fato, não foi possível detectar diferença entre as pontas de pulverização e taxas de aplicação utilizadas. Além disso, a produtividade do ano agrícola 2020/21 foi mais elevada.

Tabela 18 - Efeito das pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre a severidade da doença (AACPD) e sobre a produtividade da cultura da soja na safra 2020/2021. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	AACPD		Produtividade	
	3D	ADI	3D	ADI
60	13,7826	26,6560	5.434,83	4.560,79
90	28,7066	36,7682	5.551,77	5.600,96
120	36,3518	23,9210	4.517,12	5.614,46
Causas de variação	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,123	0,7292^{NS}	0,034	0,8560^{NS}
Taxa de aplicação (T)	0,892	0,4255^{NS}	0,546	0,5875^{NS}
P x T	0,923	0,4137^{NS}	1,329	0,2872^{NS}

^{NS}: Não significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

Tabela 19 - Efeito das pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o peso de 1.000 grãos (g) da cultura da soja na safra 2020/2021. Botucatu, SP

Taxa de aplicação	PMG	
	3D	ADI
60	188,2972	185,4496
90	186,9076	192,3468
120	186,6970	184,2018
Causas de variação	Teste F	Probabilidade
Ponta de pulverização (P)	0,000	0,9913^{NS}
Taxa de aplicação (T)	0,709	0,5042^{NS}
P x T	0,863	0,4372^{NS}

^{NS}: Não significativo a p≤ 0,05 pelo teste de Tukey.

A comparação entre os tratamentos com a testemunha é apresentada na Tabela 20, a qual mostra os valores referentes à severidade da doença (AACPD), produtividade (kg ha^{-1}) e peso de 1.000 grãos – (PMG) (g). As variáveis AACPD e PMG diferiram significativamente da testemunha na comparação com os demais tratamentos.

É possível observar que todos os tratamentos referentes à interação entre ponta de pulverização e taxa de aplicação não diferiram significativamente entre si para a severidade da doença. Porém, todos foram significativamente diferentes da testemunha (sem controle), havendo diferença nos resultados dos tratamentos que foram utilizados o controle químico com fungicidas. O resultado aqui obtido foi similar ao observado na safra anterior, onde todos os tratamentos mostraram a importância do controle químico no manejo da doença.

Quanto à produtividade, nenhum tratamento se diferenciou da testemunha,

indicando que os fatores ponta de pulverização e taxa de aplicação não influenciaram significativamente no ganho de produtividade (Tabela 20).

Tabela 20 - Valores médios da severidade da doença (AACPD), produtividade (kg ha^{-1}) e peso de 1.000 grãos (g) em função das pontas de pulverização e taxas de aplicação e em comparação à testemunha (sem controle químico) para FAS, na safra 2020/2021. Botucatu, SP

Tratamento	AACPD	Produtividade	PMG
1 – Testemunha	268,0	4.074	157,16
2 – 3D/60	13,78*	5.435	188,30*
3 – 3D/90	28,7*	5.552	186,91*
4 – 3D/120	36,4*	4.517	186,70*
5 – ADI/60	26,7*	4.561	185,45*
6 – ADI/90	36,8*	5.601	192,35*
7 – ADI/120	23,92*	5.614	184,20*

Médias seguidas por * diferiram em comparação com a testemunha pelo Teste de Dunnet a p<0,05.

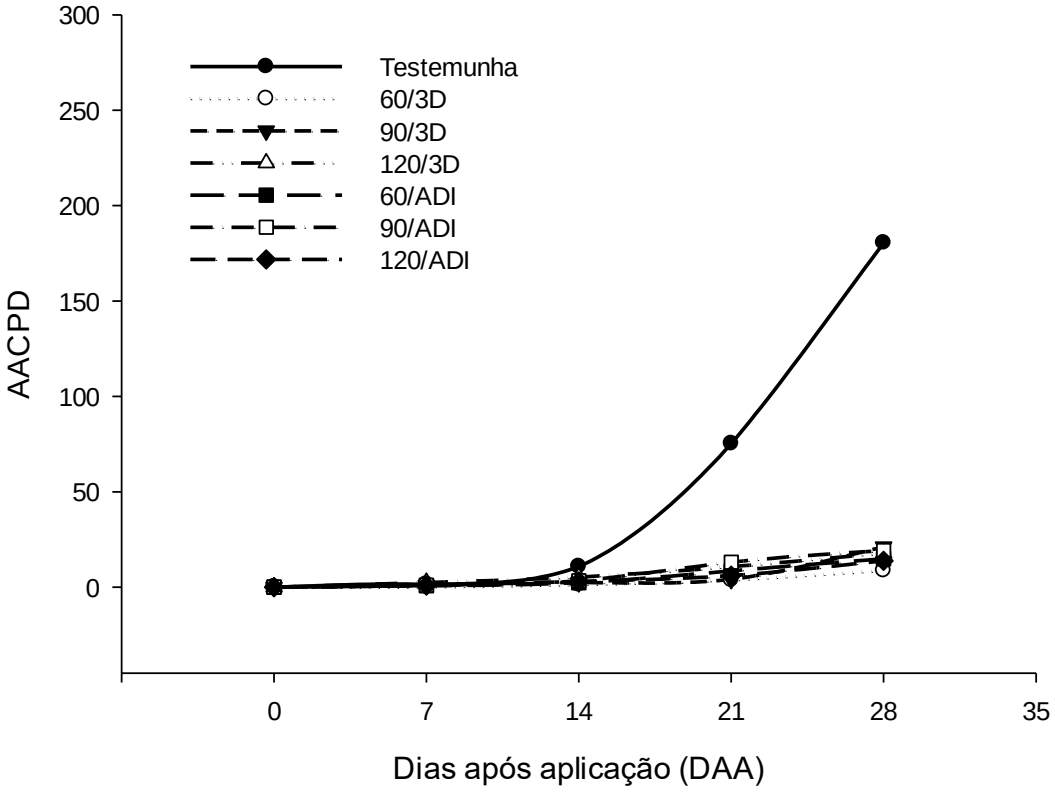
De modo semelhante, Román et al. (2008) avaliaram a capacidade de campo e o custo operacional de três volumes de aplicação (100, 150 e 200 L ha^{-1}) com dois modelos de pontas de pulverização e concluíram que o volume de aplicação de 150 L ha^{-1} apresentou melhor cobertura da planta, boa capacidade de campo operacional e melhor custo operacional, sendo o mais indicado para aplicações na cultura da soja para as condições por eles avaliadas.

Em trabalho realizado por Cunha et al. (2006), os autores não obtiveram diferença significativa na AACPD e na produtividade da soja com diferentes pontas de pulverização e volumes de calda pulverizada, observando diferença apenas entre parcelas tratadas e testemunha.

De acordo com Pastorello et al. (2014), ao utilizar volumes de caldas de 50 e 150 L ha^{-1}, os valores médios alcançados para a produtividade da cultura da soja não manifestam diferenças entre tratamentos com aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja.

A Figura 12 mostra a curva de progresso da doença, utilizada para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) na safra 2020/21. É possível constatar aumento na severidade da ferrugem no tratamento sem pulverização (testemunha) a partir de 14 dias após a aplicação (DAA). Os demais tratamentos permaneceram praticamente todo o período das avaliações com crescimento da doença uniforme, indicando baixa ocorrência da doença durante a safra.

Figura 12 - Curva de progresso da ferrugem asiática (AACPD) na cultura da soja, com controle químico sob diferentes pontas de pulverização e taxas de aplicação, durante a safra 2020/21 – Botucatu, SP



5 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais em que os experimentos foram conduzidos pode-se concluir que:

- Durante a safra 2019/20, a taxa de aplicação de 60 L ha^{-1} demonstrou melhor controle da ferrugem da soja e, consequentemente, maior produtividade. Assim, o efeito da redução da taxa de aplicação de 120 para 60 L ha^{-1} se mostrou eficiente para o controle da ferrugem asiática da soja;

- O depósito da pulverização na cultura da soja com a ponta de pulverização ADI foi influenciada pela taxa de aplicação. Em ambas as safras, a ponta 3D com a maior taxa de aplicação apresentou menor deposição. Portanto, houve aumento da deposição com o uso de diferentes pontas de pulverização e com o incremento da taxa de aplicação;

- A cobertura de pulverização nas folhas de soja com menor taxa de aplicação (60 L ha^{-1}) foi influenciada pela ponta de pulverização, parte do dossel da planta e estádio de desenvolvimento da cultura. Portanto, houve maior porcentagem de cobertura com o uso de diferentes pontas de pulverização e de acordo com o desenvolvimento da cultura;

- A severidade da doença pode interferir na eficiência de controle do fungicida com reflexos negativos sobre a produtividade da cultura da soja.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. et al. Depósito de gotas da pulverização na cultura da soja em função do volume de calda e do tipo de pontas. 37ª Reunião de Pesquisa de Soja. **Anais** [...]. Londrina, PR: 2019.

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

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING. ASABE S572. **Spray nozzle classification by droplet spectra.** St Joseph, 2009. 8p.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para fungicidas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 283-302.

ANTUNIASSI, U. R; BAIO, F. H. R; BIZARRI, I. R. Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos. In: Congresso brasileiro de agroinformática, p. 5, 2005, Londrina. **Anais** [...]. Londrina – PR: SBI – Agro, 2005.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrrestres com diferentes tipos de pontas. In: SINTAG – Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 3, 2004, Botucatu. **Anais** [...]. Botucatu: FEPAF, 2004, p. 48-51.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. Rondonópolis: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2004, p. 165-177. **Boletim Técnico de Soja**, 2004.

AZEVEDO, F. R. DE; FREIRE, F. D. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Embrapa - Documentos**, v. 102, n. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 145–184, 2006.

BALARDIN, R. S. **Controle de doenças na parte aérea da cultura da soja**. Santa Maria: UFSM, 1999. 20 p.

BALARDIN, R. S. Fungicidas sistêmicos: benzimidazóis, triazóis e estrobilurinas. **Elevagro**, 2015. Disponível em: < https://elevagro.com/materiais-didaticos/fungicidas-sistemicos-benzimidazois-triazois-e-estrobilurinas/>. Acesso em 10 jun. 2021.

BAUER, F.; RAETANO, C. G. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK4 em diferentes condições de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v.24, n. 2, p. 364-373, 2004.

BEDIN, C. et al. Controle da ferrugem asiática na cultura da soja. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. Ano VII, n. 13, p. 1–6, 2008.

BERGER-NETO, A. **Controle do mofo branco: efeito de pontas e volumes de pulverização em soja e produtos biológicos em soja e canola**. Tese. (Doutorado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

BERGER-NETO, A. *et al.* Effect os spray droplet size, spray volume and fungicide on the control og white mold in soybeans. **Crop Protection**, v. 92, p. 190-197, 2017.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas – Parte 1. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-267, 2007.

BOSCHINI, L. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Sci. Agron.**, v. 30, n. 2, p. 171–175, 2008.

CANTERI, M.G.; GODOY, C.V. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. In: XXVI Congresso Paulista de Fitopatologia, 2003, Araras. **Summa Phytopathologica**. Botucatu: Grupo Paulista de Fitopatologia. v.29. p 89-89, 2003.

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

CARVALHO, F. K. *et al*. Taxa de aplicação e caracterização de pulverizadores utilizados no Mato Grosso em 2016. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 8. Campinas, 2017. **Resumos**, Botucatu: FEPAF, 2017. P. 334-339.

CHINELATO, G. **Ferrugem asiática na soja:** Curiosidades. Não paginado. Disponível em: < https://blog.aegro.com.br/ferrugem-asiatica-curiosidades/>. Acesso em: 19 nov. 2019.

CHECHETTO, R. G. et al. Como definir a cobertura dos alvos. **AgroEfetiva**, Botucatu, 2019. Disponível em: < https://www.agroefetiva.com.br/como-definir-a-cobertura-dos-alvos/>. Acesso em 12 jun. 2021.

COÊLHO, J. D.; XIMENES, L. F. Complexo soja. **Caderno Setorial ETENE**, v. 131, n. 5, p. 1–8, 2020.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento: Acompanhamento da Safra Brasileira**, v. 7, n. 6, p. 1–89, Julho, 2021.

COSTA, L. L. *et al.* The mixture volume sprayed by hydraulic and centrifugal energy nozzles for the control og Asian soybean rust. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 425-433, 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização.

Revista Ceres, Viçosa – MG, v. 63, n. 6, p. 761–768, 2016.

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

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista de la Facultad de Agronomia (LUZ)**, v. 28, n. 3, p. 344–359, 2011.

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

CUNHA, J. P. A. R. *et al*. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.

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

CUNHA, J. P. A. R.; 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.

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de análise de deposição de agrotóxicos GOTAS, versão 2.2**. Embrapa Informática Agropeuária e Embrapa Meio Ambiente, 2006.

FAVERA, D. D. **Pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja**. 2012, 134f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

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

FIALLOS, F. R. G. A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Ciencia y Tecnología**, v. 4(2), n. 1999, p. 45–60, 2011.

FIORIN, A. R. **Penetração de gotas e rendimento de grãos em função do arranjo de plantas, cultivares e volume de calda na cultura da soja**. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, 2009.

FIRVEDA, M. C. et al. Uso de software para análise de imagem em avaliação da cobertura da pulverização. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p.305-310, 2002.

FRAC Brasil – Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Culturas: Novas recomendações para o manejo da ferrugem asiática da soja**. Disponível em: < https://www.frac-br.org/soja>. Acesso em: 11 jun. 2021.

GODOY, C. et al. Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja. **Embrapa - Circular Técnica**, v. 92, p. 1–6, 2017.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungcidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 97-101, 2004.

GRAZIANO, C. E. P. L. **Qualidade de aplicação de produtos fitossanitários com duas classes de gotas em três períodos do dia**. 2016.47 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, 2016.

GRIESANG, F. **Efeito da uniformidade de gotas em pulverizações por pontas de energia hidráulica na qualidade da aplicação em culturas de baixo fuste e nas perdas por deriva**. Tese. (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. Compendium of Soybean diseases. 4th ed. APS – **The American Phytopathological Society**. St Paul, Minnesota, USA, p. 100, 1999.

HOFFMANN, L. L. **Controle da ferrugem asiática da soja e suas relações com a planta, manejo e tecnologia de aplicação.** Tese. (Doutorado em Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2016.

INOUE, L. **Cultura da soja:** Sua importância na atualidade. Agromove, jan./2019.

IPEA. Carta de Conjuntura. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Comércio Exterior do Agronegócio**, v. 7, n. 52, p. 1-12, 3° trimestre, 2021.

KOLLER, D. The control of leaf orientation by light. **Photochemistry and photobiology**, 44(6), p. 819-826, 1986.

MADALOSSO, M. G.; BALARDIN, R. S. Como posicionar corretamente carboxamidas contra doenças da soja. **Cultivar Grandes Culturas**, ano XV, n. 187, 2014.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

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

MCGRATH. M. T. What are fungicides? **The Plant Health Instructor**, 2004. Disponível em: <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/Fungicides.aspx>. Acesso em 10 jun. 2021.

MONIZ, A. **Cobertura das folhas de soja utilizando diferentes pontas de pulverização**. Dissertação. (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2020.

MOREIRA, M. T. **Relação entre pontas de aplicação, horário de aplicação e cultivares no controle de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

MORETTI, C. L. Alimentos para o mundo. **Agropecuária – Embrapa**, 2019. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47327924/artigo---alimentos-para-o-mundo>. Acesso em 08 jun. 2021.

NASCIMENTO, A. B. **Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação**. Dissertação. (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

NEGRISOLI, M. M. Otimização da pulverização e controle de *Phakpsora pachyrizi* na cultura da soja. 2018. 101f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia, Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of manganese as tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in the safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 70, n. 3, p. 415–421, 2003.

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

PALLADINI, L. A. **Metodologia para pulverização da deposição em pulverizações**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2000.

PASTORELLO, M. et al. Variação do volume de aplicação de fungicidas no controle de doenças e no rendimento da soja. **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola** - CONBEA 2014 27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil.

PENTAIR. Bico Hypro® 3D. Bico inclinado e versátil para melhorar a cobertura na pulverização. **Pentair Formulário 514** (17/04), p. 1-4, 2018.

PRADO, E. P., *et al.* Taxa de aplicação e uso de surfactante siliconado na deposição da pulverização e controle da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 514-527, 2015.

RAETANO, C. G.; BOLLER, W. Regulagens e calibração de pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 91-104.

RAETANO, C. G; CUNHA, J. P. A. R. Assistência de ar e transferência de carga elétrica às gotas em pulverização: Interferência e potencial de uso das tecnologias em sistemas de produção. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 125-145.

RAETANO, C. G.; MOTA, A. A. B. Pontas de pulverização hidráulicas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 67-89.

RAETANO, C. G. *et al*. Application technologies for asian soybean rust management. In: EL-SHEMY, H. (Ed). **Soybean physiology and biochemestry**, In Tech, 2011, p. 117-138.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 1 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p. 15-26.

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

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

RAETANO, C. G.; BAUER, F. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 364-373, 2004.

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

RAETANO, C. G. **Condições operacionais de tuboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 93p. Tese. (Doutorado em Ciências/Entomologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

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

REZENDE, D. T. **Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos**. Tese. (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011.

ROMÁN, R. A. Aplicações de defensivos utilizando a técnica do baixo volume. **Cultivar Máquinas**, ano XII, n. 147, 2014.

ROMÁN, R. A. et al. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 223, 2009.

ROMÁN, R. A. et al. Pulverização de fungicida na cultura da soja em função de pontas e volumes de aplicação. Parte 2: Avaliação da capacidade de campo operacional. In: **IV Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos** - SINTAG, p. 5, out. 2008.

RUFINO, C. G. F. et al. Portfólio Embrapa de Cultivares de Soja. **Embrapa**, v. 2º edição, p. 15, 2015.

SANTOS, R. O. et al. Deposição de calda fungicida aplicada na cultura da soja, em função de ponta de pulverização e volume de calda. In: Jornada de pesquisa e pós-graduaçâo, 1.; Seminário de iniciação científica, 3., 2005, Anápolis. **Anais** [...]. Anápolis: UEG. v. 1. p. 1-6.

SCUDELER, F. *et al*. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 3, 2004, Botucatu, SP. **Anais** […]. p. 13-16.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Tecnologias de Produção de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. – Sistemas de Produção, v. 21, n. 17.

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 3, p. 531-536, 1998.

SILVA, B. M. et al. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG,** Viçosa - MG, v. 22, n. 1, p. 17–24, 2014.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SOUZA, A. L. C. et al. Comparativo de deposição de gotas em diferentes modelos de ponta tipo leque. **Revista Unimar Ciências**, v. 28, n. 1-2, p. 10, 2019.

SOUZA, D. M. **Impactos do volume de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática e oídio da soja: a inclusão do mancozebe no manejo** – 111p. Tese. (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2019.

SOUZA, D. M. et al. Impacto do volume de calda com fungicidas no controle da ferrugem asiática e produção da soja. SINTAG – Simpósio Internacional de

Tecnologia de Aplicação, VIII. **Anais** [...]. Campinas, 2017.

SOUZA, D. M. **Arranjo de semeadura da soja sobre o rendimento da cultura e da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. 69f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia – Proteção de Plantas). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

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

STANILARD, L. N. Fluorescent tracer techniques for the study os spray and dust deposits. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 4, p. 100-125, 1959.

STEFANELLO, M. T. Benefícios da tecnologia de aplicação em soja. **Cultivar Grandes Culturas**, ano XX, n. 259, 2020.

TAYLOR, W. A.; SHAW, G. B. The effect of drop speed, size and surfactant on the deposition of spray on barley and radish or must ard. **Pesticide Science**, v.14, n.6, p.659-65, 1993.

TORMEN, N. R. et al. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 802–808, 2012.

VARGAS, L.; GLEBER, L. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos** – EMPRAPA, Dez./2005.

YORINORI, J. T. et al. Doenças da soja. In: **Boletim de Pesquisa 2017/208**, n. 18, Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, Rondonópolis, 2018.

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. Doenças da soja. **Boletim de pesquisa de soja 2013/2014**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 174-22, 2014. Bolteim, 16.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics os soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, St Paul, v. 89, p. 675-677, 2005.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. Situação da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil e na América do Sul. **Embrapa Soja - Documentos**, v. 236, p. 1–27, 2004.

YORINORI, J. T.; JUNIOR, J. N.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Embrapa Soja - Documentos**, v. 247, p. 36, 2004.

YORINORI, J. T. et al. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): Identificação e Controle. **Informações agronômicas**, v. 104, n. 54, p. 5–8, 2003.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow**. Londrina: Embrapa soja, 2002.

ZANATTA, T.; REIS, E.M.; ZANATTA, M. Adjuvant concentrations and uredospore densities on *Phakopsora pachyrhizi* infection efficiency in soybean. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 2, p. 148-151, 2012.

ZÔRZO, F. **Volumes de calda para aplicação de fungicida na soja**. Trabalho de Conclusão de Curso, p. 27. Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2015.