

DIEGO MIRANDA DE SOUZA

**IMPACTOS DO VOLUME DE APLICAÇÃO SOBRE O CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA E OÍDIO DA SOJA: A INCLUSÃO DO MANCOZEBE NO
MANEJO**

Botucatu

2019

DIEGO MIRANDA DE SOUZA

**IMPACTOS DO VOLUME DE APLICAÇÃO SOBRE O CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA E OÍDIO DA SOJA: A INCLUSÃO DO MANCOZEBE NO
MANEJO**

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

Orientador: Dr. Carlos Gilberto Raetano

Botucatu

2019

S729i

Souza, Diego Miranda de

Impactos do volume de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática e oídio da soja : a inclusão do mancozebe no manejo / Diego Miranda de Souza.

-- Botucatu, 2019

111 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Carlos Gilberto Raetano

1. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. 2. Fungicidas na soja. 3. Taxa de aplicação. 4. Mancozebe. 5. Estabilidade de calda. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

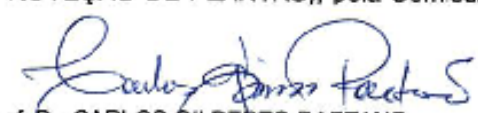
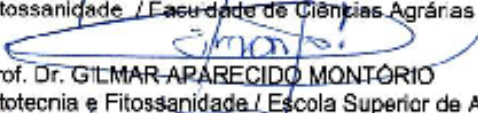
Título:

**“IMPACTOS DO VOLUME DE APLICAÇÃO SOBRE O CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA E OÍDIO DA SOJA: A INCLUSÃO DO
MANCOZEBO NO MANEJO”**

AUTOR: DIEGO MIRANDA DE SOUZA

ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias - UNESP
Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO
Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena
Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA
Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Jaboticabal
Prof. Dr. GILMAR APARECIDO MONTÓRIO
Fitotecnia e Fitossanidade / Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista
Prof. Dr. JOSÉ OTÁVIO MACHADO MENTEN
Fitopatologia e Nematologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Botucatu, 18 de outubro de 2019.

Aos meus pais, Luiz e Denise;
À minha amada esposa, Micheli;
À minha amada filha, Lorena;
dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Luiz e Denise e minhas irmãs Débora e Daniele.

À minha esposa Micheli e minha filha Lorena.

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano.

Aos Professores Dr^a. Regiane Cristina de Oliveira Freitas Bueno, Dr. André Luis Paradela, Dr. Laércio Zambolim e Dr. Marcos Guimarães de Andrade Landell.

Aos Docentes do Departamento de Proteção de Plantas.

Aos amigos Discentes do Departamento de Proteção de Plantas e do Grupo de estudos em Tecnologia de Aplicação (PROTEC).

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura (AGRIMIP).

Aos amigos do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento da Tecnologia de Aplicação (NEDTA) da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, especialmente o Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Plantio Direto (GPD), especialmente o Prof. Dr. Paulo Arbex.

Aos amigos do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), especialmente o Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari.

Aos amigos servidores das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), especialmente o Mario Munhoz, Flávio Cesar Galhardo, Dirceu Ferreira de Jesus, José Roberto Carnieto, Rubya Mara Galvão e aos operadores Acássio Tavares Filho, Aparecido Bessa Ramon, Mauro de Jesus, Carlos Humberto Barbosa, Josias Florêncio, Milton Prudente e Manuel Lopes dos Santos.

Aos amigos do curso de Engenharia Agrônômica da FCA e amigos da República Subaco de Cobra.

Aos servidores da Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos”, do Centro de Convivência Infantil (CCI), do Setor de Manutenção de Parques e Jardins, da Seção de Pós-graduação e do Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP – Campus de Botucatu.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa - Código de Financiamento 001.

“Prometo que, no cumprimento do meu dever de Engenheiro Agrônomo, não me deixarei cegar pelo brilho excessivo da tecnologia, jamais me esquecendo de que trabalho para o bem do Homem e não da máquina; respeitarei a natureza, evitando projetar ou construir equipamentos que destruam ou poluam o equilíbrio ecológico; colocarei todo o meu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento da Humanidade. Assim sendo estarei em paz comigo e com Deus”.

Juramento do Engenheiro Agrônomo - Adotado pelas faculdades de Engenharias na solenidade de colação de grau.

RESUMO

A recente inserção do fungicida mancozebe no manejo de doenças da cultura da soja pode exigir alguns ajustes na tecnologia de aplicação utilizada. Portanto, foram desenvolvidos experimentos com o objetivo de avaliar a aplicação de fungicidas na soja neste novo cenário. No Capítulo 1, avaliou-se o efeito do volume de aplicação sobre o depósito e cobertura da pulverização em plantas de soja. No Capítulo 2, foi avaliado o efeito do volume de aplicação e da associação Fox[®] e Unizeb Gold[®] sobre o controle da ferrugem da soja e produtividade da cultura, em duas safras agrícolas. No Capítulo 3, foi avaliado o efeito do volume de aplicação e da associação Fox[®] e Unizeb Gold[®], na presença e ausência do adjuvante Aureo[®], sobre a estabilidade e possíveis interações das misturas, em condições laboratoriais. No Capítulo 4, foi avaliado o efeito do volume de aplicação e da associação Fox[®] e Unizeb Gold[®] sobre o tempo de controle do fungo *Microsphaera diffusa*. Pelas conclusões obtidas é possível destacar: no Capítulo 1, existe influência do volume de aplicação sobre a deposição e cobertura da pulverização. No Capítulo 2, a associação de Fox[®] (trifloxistrobina+ protioconazol) e Unizeb Gold[®] (mancozebe) promove menor AACPD; o efeito do volume de aplicação e da calda fungicida sobre o controle da epidemia é impactado sobre as condições particulares da safra agrícola. No Capítulo 3, a associação entre produtos modifica o pH da calda; a concentração da calda não tem a mesma influência sobre o pH em relação à associação entre produtos; a associação entre produtos pode promover a heterogeneidade, formação de espuma, sobrenadante, alteração de cor e até a formação de precipitado; a calda em repouso promove a formação de precipitado; não foi observada obstrução dos elementos filtrantes. No Capítulo 4, as soluções fungicidas reduziram o progresso da doença; a eficiência do fungicida Fox[®] é comprometida no volume de 50 L ha⁻¹; houve sinergismo na associação entre Unizeb Gold[®] e Fox[®] no controle da doença; a associação entre Unizeb Gold[®] e Fox[®] evidencia tenacidade da mistura, de no mínimo 56 dias após aplicação, nas condições do experimento.

Palavras-chave: Fungicida multissítio. Taxa de aplicação. Mistura em tanque. *Phakopsora pachyrhizi*.

ABSTRACT

The recent insertion of mancozebe fungicide in the management of soybean diseases may require some adjustments in the application technology used. Therefore, experiments were carried out to evaluate the application of fungicides on soybean in this new scenario. In Chapter 1, the effect of spray volume reduction on spray deposit and coverage in soybean plants was evaluated. In Chapter 2, the effect of spray volumes and association of Fox[®] and Unizeb Gold[®] fungicides on Asian soybean rust control and soybean yield, in two crop seasons, was evaluated. In Chapter 3, the effect of spray volumes and the association Fox[®] and Unizeb Gold[®] fungicides, in presence and absence of Aureo[®] adjuvant, on solution stability and possible interactions was evaluated. In Chapter 4, the effect of spray volume and association of Fox[®] and Unizeb Gold[®] fungicides on the control time of *Microsphaera diffusa* fungus was evaluated. It is possible to conclude: in Chapter 1, there is influence of spray volume on spray deposition and spray coverage. In Chapter 2, the association of Fox[®] and Unizeb Gold[®] fungicides promotes lower AACPD; it is possible to control the FAS epidemic only with Mancozeb; the effect of spray volume and fungicide solution about epidemic is impacted on particular conditions of crop seasons. In Chapter 3, the association between products modifies the pH solution; the association between products may promote heterogeneity, foaming, presence of supernatant, color change and even precipitate formation; no obstruction of the filter elements was observed in the evaluations. In Chapter 4, fungicidal solutions reduced the disease's progress; the efficiency of Fox[®] is compromised with spray volume 50 L ha⁻¹; there was synergism in the Unizeb Gold[®] and Fox[®] fungicides association on disease control; the association between Unizeb Gold[®] and Fox[®] fungicides shows a tenacity at least 56 days after application.

Keywords: Multisite fungicide. Application rate. Tank mixture. *Phakopsora pachyrhizi*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO 1 - DEPÓSITO E COBERTURA DA PULVERIZAÇÃO EM PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO .	22
1.1 INTRODUÇÃO	24
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
1.2.1 Instalação e condução.....	25
1.2.2 Delineamento experimental e análise estatística	26
1.2.3 Aplicações	26
1.2.4 Avaliação da pulverização	27
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
1.3.1 Safra 2016/2017	29
1.3.2 Safra 2017/2018.....	36
1.4 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 2 - IMPACTO DO VOLUME DE CALDA FUNGICIDA SOBRE O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE DA SOJA	43
2.1 INTRODUÇÃO	45
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
2.2.1 Instalação e condução.....	46
2.2.1.1 Tratamentos e delineamento experimental	47
2.2.1.2 Aplicação.....	47
2.2.2 Safra 2016/2017	48
2.2.3 Safra 2017/2018.....	50
2.2.4 Avaliações do progresso da doença (AACPD).....	51
2.2.5 Colheita e produção	52
2.2.6 Análise estatística	53
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
2.3.1 Safra 2016/2017	53
2.3.1.1 Progresso da doença	53
2.3.1.2 Produtividade	57

2.3.2	Safra 2017/2018	58
2.3.2.1	Progresso da doença.....	58
2.3.2.2	Produtividade	61
2.4	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS	64
CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE DE SOLUÇÕES FUNGICIDAS EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: IMPLICAÇÕES DA ADIÇÃO DE MANCOZEBE À MISTURA		69
3.1	INTRODUÇÃO.....	71
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	72
3.2.1	Instalação e delineamento experimental.....	72
3.2.2	Tratamentos.....	72
3.2.3	Avaliação do pH.....	73
3.2.4	Avaliação da estabilidade de calda.....	74
3.2.5	Avaliação da vazão no tempo de 1 minuto	76
3.2.6	Avaliação da massa retida na malha após a pulverização	77
3.2.7	Avaliação na massa retida no filtro de papel	77
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
3.3.1	Análise do PH	78
3.3.2	Análise da estabilidade de calda.....	83
3.3.3	Obstrução de elementos filtrantes	89
3.3.3.1	Avaliação da vazão no tempo de 1 minuto	89
3.3.3.2	Avaliação da massa retida no filtro do bico de pulverização.....	90
3.3.3.3	Avaliação da massa retida em filtro de papel	91
3.4	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS	92
CAPÍTULO 4 - VOLUME DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DO OÍDIO EM PLANTAS DE SOJA EM CASA DE VEGETAÇÃO		95
4.1	INTRODUÇÃO.....	97
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	98
4.2.1	Instalação e condução	98
4.2.2	Aplicação, tratamentos e delineamento experimental.....	99

4.2.3	Avaliações	99
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
4.4	CONCLUSÕES	102
	REFERÊNCIAS.....	104
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
	REFERÊNCIAS.....	109

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] possui uma expressiva relevância no mercado agrícola nacional. Em 2019, cerca de 35 milhões de hectares de soja foram cultivados, com produção estimada de 113 milhões de toneladas no Brasil (CONAB, 2019).

Para produzir grãos de soja, o agricultor precisa combater insetos-fitófagos como os percevejos e lagartas; plantas daninhas como capim-amargoso e buva; e doenças como ferrugem asiática da soja (FAS), oídio e mofo-branco. Apesar da evolução das tecnologias empregadas no controle de pragas, ainda se faz necessário a adoção de produtos fitossanitários no manejo da cultura (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012; AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2016).

Considerando essa premissa, é recomendável utilizar tais produtos procurando obter a máxima eficácia de controle, de maneira econômica, com a mínima exposição do ambiente e do trabalhador rural. Ao conjunto de técnicas que propiciam atingir esses objetivos denomina-se tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários (MATUO, 1990).

A escolha do volume de aplicação é uma das técnicas que pode influenciar a capacidade operacional do pulverizador, bem como o depósito e a cobertura da pulverização sobre o alvo (MATUO, 1990), além de perdas. Desta forma, é coerente reduzir o volume de aplicação para aumentar o rendimento operacional, mas sem desprezar a eficiência de controle sobre o alvo da aplicação (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; CUNHA *et al.*, 2011; BUENO; CUNHA; ALVES, 2013; PRADO *et al.*, 2015). Independente do volume de aplicação, a dose do produto fitossanitário por área deverá ser aquela recomendada em bula. Assim, ao optar por um menor volume de aplicação torna-se necessário aumentar a concentração da calda (MATUO, 1990).

Os fungicidas são indispensáveis no manejo das doenças na cultura da soja, especialmente no controle da FAS. Atualmente são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 60 produtos comerciais para o controle da FAS, os quais podem ser agrupados quanto ao grupo químico,

mecanismo de ação e código do comitê de ação de resistência aos fungicidas (FRAC, 2019a; MAPA, 2019).

Os grupos químicos e mecanismos de ação disponíveis no MAPA são: carboxamida (inibidores de succinato-desidrogenase - C2); triazol (inibidores da biossíntese de ergosterol - G1); estrobilurina (inibidores extracelulares de Quinona - C3); fenilpiridinilamina (inibidores intracelulares de Quinona - C5); morfolina (isomerase / redutase na biossíntese de esterol - G2); cloronitrila (atividade multissítio de contato - M5); ditiocarbamatos (atividade multissítio de contato - M3); benzimidazol (montagem de β -tubulina na mitose - B1) e inorgânicos a base de cobre (atividade multissítio de contato - M1) (MAPA, 2019; FRAC, 2019b).

Enquanto alguns fungicidas inibem apenas um ou poucos processos metabólicos vitais do fungo (sítio de ação específico), outros atuam sobre vários processos ao mesmo tempo (multissítio). A especificidade de ação do composto fungicida tem relação direta com a probabilidade de seleção de indivíduos resistentes. De maneira geral, ao longo do tempo, fungicidas de sítio de ação específico são mais propensos ao desenvolvimento de resistência, quando comparados com fungicidas de ação multissítio (FRAC, 2019b).

Nos últimos anos, os fungicidas dos grupos químicos triazol, estrobilurina e mais recentemente as carboxamidas se tornaram as principais ferramentas no controle químico da FAS. Em comum, possuem atuação em sítios específicos sobre o patógeno. Contudo, com base em estudos de eficácia realizados a cada safra agrícola, têm-se constatado redução progressiva na sensibilidade do fungo a estes fungicidas ao longo das safras (SOARES; RUBIN; WIELEWICKI, 2004; GODOY *et al.*, 2014a; GODOY *et al.*, 2015a; GODOY *et al.*, 2016a; GODOY *et al.*, 2017a; GODOY *et al.*, 2018a).

Como estratégia anti-resistência aos fungicidas de sítio de ação específico, os fungicidas de ação multissítio estão sendo recomendados no controle de *Phakopsora pachyrhizi*. Dentre eles, o mancozebe é uma molécula que tem se destacado e cada vez mais estudada na cultura da soja (ALVES, 2016; ALVES; JULIATTI, 2018; DECARO, 2018; GODOY *et al.*, 2015b; STEFANELLO, 2017).

Os fungicidas de ação multissítio registrados para uso na cultura da soja; como cloronitrila, ditiocarbamatos e inorgânicos a base de cobre; são conhecidos pela ação protetora e preventiva, além da baixa mobilidade sobre a superfície da planta.

Nesse sentido, a adequada distribuição da calda sobre o alvo se torna fundamental para o controle eficaz do fungo (GODOY *et al.*, 2015b; GODOY *et al.*, 2016b; GODOY *et al.*, 2017b; GODOY *et al.*, 2018b; SILVA *et al.*, 2015; ALVES; JULIATTI, 2018).

Portanto, visando contribuir com a tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja foram desenvolvidos diferentes experimentos. No capítulo 1, avaliou-se o efeito do volume de aplicação sobre o depósito e a cobertura da pulverização em plantas de soja. No Capítulo 2, foram avaliados os impactos do volume de aplicação e da associação dos fungicidas Fox[®] (trifloxistrobina + protioconazol) e Unizeb Gold[®] (mancozebe) sobre o controle da ferrugem asiática e produtividade da soja, em duas safras agrícolas. No Capítulo 3, foram avaliados os efeitos do volume de aplicação e da associação dos fungicidas Fox[®] e Unizeb Gold[®], na presença e ausência do adjuvante Aureo[®], sobre a estabilidade e possíveis interações, em condições laboratoriais. No Capítulo 4, avaliou-se o efeito do volume de aplicação e da associação dos fungicidas Fox[®] e Unizeb Gold[®] sobre o tempo de controle do fungo *Microsphaera diffusa*.

CAPÍTULO 1 - DEPÓSITO E COBERTURA DA PULVERIZAÇÃO EM PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO

RESUMO

O manejo fitossanitário da cultura da soja considera a aplicação de produtos fitossanitários quando necessário. A principal via de aplicação é a líquida, sob forma de pulverização, tendo como base a água como diluente. A redução do volume de aplicação implica em variação da concentração do produto na calda e pode impactar na quantidade ou qualidade da pulverização interceptada pelas folhas. Portanto, com esse trabalho objetivou-se avaliar o efeito da redução do volume de aplicação (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹) sobre o depósito e cobertura da pulverização sobre alvos natural e artificial. Para avaliação dos níveis de depósito da calda em alvo natural (folíolos) utilizou-se o marcador Azul Brilhante na dosagem de 4,5 g ha⁻¹ e posterior análise em espectrofotometria. A cobertura da pulverização foi avaliada em alvo artificial (papel hidrossensível) com posterior digitalização da imagem e análise pelo software GOTAS[®]. Há influência do volume de aplicação sobre o depósito e cobertura da pulverização, contudo o efeito é mais evidente entre volumes menores (50 e 80 L ha⁻¹) quando comparado aos volumes maiores (110 e 150 L ha⁻¹).

Palavras-chave: Volume de aplicação. Caldas concentradas. Tecnologia de aplicação. Distribuição da pulverização.

CHAPTER 1 - DEPOSIT AND SPRAY COVERAGE ON SOYBEAN PLANTS AS A FUNCTION OF APPLICATION RATE

ABSTRACT

The phytosanitary management of the soybean crop suggests the pesticide application when necessary. The main way of application is liquid, under spray form, based on water as diluent. Reducing the application rate implies variation the concentration of the product in the solution and may impact on the quantity or quality of the spray intercepted by the leaves. Therefore, this research aimed to evaluate the effect of application rate (50, 80, 110 and 150 L ha⁻¹) on spray deposit and spray coverage on natural (leaflets) and artificial targets (water-sensitive paper). To evaluate the deposit levels from spray volume, the Brilliant Blue marker dye at 4.5 g ha⁻¹ was used and after quantified by spectrophotometry analysis. In order to evaluate the spray coverage, water-sensitive paper cards (artificial targets) were used for further images scan and analyzed by GOTAS[®] software. There is influence of application rate on deposit and spray coverage, however the effect observed by the increase in spray volumes is more evident between the smallest volumes (50 and 80 L ha⁻¹) when compared to the biggest volumes (110 and 150 L ha⁻¹).

Keywords: Spray volume. Concentrated solution. Application technology. Spray distribution.

1.1 INTRODUÇÃO

A principal via de distribuição de produtos fitossanitários é a pulverização, utilizando a água como diluente. No geral, a dosagem dos produtos fitossanitários recomendada para a cultura da soja é expressa em massa ou volume por área, respectivamente kg ha^{-1} ou L ha^{-1} (MAPA, 2019). O volume de aplicação é a quantidade de líquido proveniente da diluição de uma formulação a ser distribuído em determinada área (MATUO, 1990). Independente do volume de aplicação, a dose por área será sempre aquela recomendada em bula.

A escolha do volume de aplicação pode influenciar fatores como a capacidade operacional do pulverizador, bem como o depósito e a cobertura da pulverização sobre o alvo (MATUO, 1990), além de perdas. Portanto, é coerente empregar o menor volume de aplicação para a máxima capacidade de campo operacional, mas sem desprezar a eficiência da aplicação (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; CUNHA *et al.*, 2011; BUENO; CUNHA; ALVES, 2013; PRADO *et al.*, 2015).

Ao selecionar o volume de aplicação devem ser considerados os demais fatores envolvidos na aplicação dos produtos fitossanitários, uma vez que também podem impactar na qualidade e quantidade da pulverização interceptada pela superfície alvo. Pode-se destacar: o estágio de desenvolvimento da cultura (HEIFFIG *et al.*, 2006; HOLTZ *et al.*, 2014; SOUZA, 2017; SOUZA *et al.*, 2019); o local onde a calda deverá ser depositada, a posição do alvo na planta e quando internos ou na superfície abaxial das folhas são naturalmente mais difíceis de serem atingidos (RAETANO; BAUER, 2003); o pulverizador disponível e também as características operacionais como diferentes velocidades e ainda oscilações não desejáveis na barra (CUNHA, 2008; ZAIDAN *et al.*, 2012); o momento da pulverização, especialmente em razão das condições meteorológicas, as quais podem ampliar as perdas (BALAN *et al.*, 2008; MACIEL *et al.*, 2017); e por fim, o próprio produto fitossanitário, o qual pode ser absorvido e redistribuído na planta após a aplicação (sistêmico) ou ainda não apresentar esta capacidade de redistribuição (imóvel) (SILVA JUNIOR *et al.*, 2009). Especialmente quando se considera a distribuição da pulverização sobre a superfície alvo (cobertura) deve-se incluir aos fatores anteriores o tamanho de gota pulverizado e o fator de espalhamento da calda, normalmente incrementado pela adição de adjuvantes (COURSHEE, 1967).

A pulverização pode ser analisada de forma quali-quantitativa. Para determinar a quantidade de calda presente nas folhas da planta é necessário um marcador na calda, seja elemento químico, corante ou pigmento fluorescente e posteriormente quantificá-lo por meio de técnicas laboratoriais (PALLADINI; RAETANO; VELINI, 2005; BAUER *et al.*, 2008; PRADO *et al.*, 2015).

Ao avaliar os níveis de cobertura da pulverização é comum utilizar alvos artificiais, pois a presença de ceras e tricomas na superfície foliar podem dificultar a visualização da distribuição das gotas. Para mensurar a cobertura da pulverização em alvos artificiais deve haver contraste da superfície-alvo com a área coberta pela calda ou que os alvos sejam sensíveis à calda aplicada, para posteriormente mensurar a área coberta da superfície (CHAIM *et al.*, 2002; CHAIN; MAIA; PESSOA, 1999). Assim, a calda recuperada no alvo deve ser equivalente ao volume aplicado.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da redução da taxa de aplicação sobre o depósito e cobertura da pulverização sobre alvos natural e artificial.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Instalação e condução

Os experimentos foram conduzidos na gleba cascalheira, coordenadas geográficas: 22°48'57.8"S e 48°25'39.2"W, altitude de 724 metros. Esta área experimental pertence às Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), localizada na Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, pertencente à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Neste mesmo local foram conduzidos dois experimentos, em duas safras agrícolas distintas, 2016/2017 e 2017/2018. Na primeira safra, experimento I, realizou-se a semeadura da cultivar de soja FTS Campo Mourão RR (tipo de crescimento semi-determinado e grupo de maturação 6.6), no dia 25/11/2016, no sistema de semeadura direta sob palha de aveia. Enquanto na segunda safra, experimento II, realizou-se a semeadura da cultivar de soja BMX Potência RR (tipo de crescimento indeterminado, grupo de maturação 6.7) no dia 20/12/2017, no sistema de preparo convencional de solo (grade aradora, intermediária e niveladora).

Ambas as semeaduras foram realizadas no espaçamento entre linhas de 0,45 m e população de 12 plantas por metro. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco

dias após a semeadura (DAS) e aos 20 DAS fez-se a aplicação do herbicida glifosato, em ambas as safras agrícolas. Ainda no estágio vegetativo as parcelas foram delimitadas, com o auxílio de uma roçadora, nas dimensões de 5,0 x 8,0 m (largura x comprimento). O controle de insetos-praga foi realizado sempre que necessário, baseando-se nos resultados de amostragens semanais.

1.2.2 Delineamento experimental e análise estatística

Os experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados, nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, nos estádios de desenvolvimento da planta R2 e R4, segundo Fehr; Caviness (1977). Quatro tratamentos foram estabelecidos para avaliar o depósito do corante marcador nos volumes de calda: 50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹, em dez repetições, no estrato superior e inferior das plantas de soja. Para análise da cobertura da pulverização os tratamentos foram os mesmos, em quatro repetições, representando a distribuição nos estrato superior, médio e inferior das plantas de soja. As amostras sempre foram realizadas nas linhas centrais das parcelas, considerando área útil de 2,0 x 6,0 m, porém o tratamento foi aplicado em toda a parcela.

Os dados de depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) e de cobertura (%) da pulverização foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). Posteriormente foi realizada a análise de regressão no mesmo nível de significância e calculado o coeficiente de determinação (R^2). Para isso, utilizou-se o software estatístico SISVAR[®], versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

1.2.3 Aplicações

Para as aplicações foi utilizado um pulverizador montado em trator, com capacidade do tanque de 600 L, modelo Condor AM12, da marca Jacto[®], com 12 metros de barra e pontas espaçadas de 0,5 m. O equipamento foi acionado para obter rotação de 540 rpm na tomada de potência e desempenhou a velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 6,8 km h⁻¹. A velocidade do conjunto trator-pulverizador foi escolhida em razão da marcha de trabalho capaz de desempenhar a máxima velocidade com segurança. As pulverizações foram realizadas com apenas um lado da barra, fechando as demais seções da barra do pulverizador.

Para produzir as taxas de aplicação desejadas (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹) foram utilizadas quatro pontas de pulverização de jato plano, modelo XR, da marca TeeJet®, ângulo de abertura de 110° e indicação de vazão 01, 015, 02 e 025 nas pressões de trabalho 140; 140; 160; 200 kPa, para as respectivas taxas de aplicação. Segundo o catálogo do fabricante das pontas, nas respectivas pressões de trabalho, todas as pontas produzem espectro de gotas finas (106 - 235 µm), conforme classificação do espectro de gotas constante da Norma ASABE, S572.1 (ASABE, S572.1, 2009).

As aplicações foram realizadas durante o período compreendido entre os estádios fenológicos das plantas com florescimento pleno e desenvolvimento das vagens (R2 e R4). Também foram caracterizadas as condições meteorológicas no momento das aplicações (Tabela 1).

Tabela 1 - Condições meteorológicas no momento das aplicações. Botucatu - SP, 2017/2018.

Safrá 2016/2017 - Experimento I					
Data	Período ¹	Estádio fenológico ²	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)
26/01/2017	62 DAS	R2	21,3	93,7	3,6
16/02/2017	83 DAS	R4	34,7	50,8	5,4
Safrá 2017/2018 - Experimento II					
Data	Período	Estádio fenológico	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)
05/03/2018	75 DAS	R4	25,4	75,2	4,3

¹ Dias após a semeadura (DAS).

² Estádios fenológicos segundo Fehr; Caviness (1977).

1.2.4 Avaliação da pulverização

Duas pulverizações foram realizadas no experimento I (62 e 83 DAS) e uma pulverização no experimento II (75 DAS), para avaliar os níveis de depósito (avaliação quantitativa) e cobertura da pulverização (avaliação qualitativa) com diferentes volumes de calda.

Para mensurar o depósito da pulverização foi recuperado o corante marcador Azul Brilhante (FD & C n°1) aplicado sobre os folíolos de soja na dosagem de 4.500 mg ha⁻¹ obtida a partir da concentração de 3.000 mg L⁻¹ no maior volume, com a correção da concentração para os volume menores (BAUER; RAETANO, 2000;

PALLADINI; RAETANO; VELINI, 2005; SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007; CERQUEIRA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Após a pulverização foram coletados 20 folíolos de diferentes plantas nas linhas centrais de cada parcela. De modo que, dez folíolos foram provenientes da parte superior das plantas, coletando o folíolo central mais exposto à aplicação, de folha totalmente desenvolvida e outros dez folíolos da parte inferior da planta, coletando o folíolo central do primeiro trifólio de baixo para cima.

Os folíolos foram encaminhados ao laboratório, colocados em recipientes plásticos e lavados com 40 mL de água destilada sob agitação manual para a remoção do corante. A solução resultante foi analisada em espectrofotômetro UV-VIS (Shimadzu UV 1601 PC) para leitura da absorbância no comprimento de onda de 630 nm. A área de cada folíolo foi mensurada pelo medidor de área foliar de bancada LICOR, modelo LI - 3100.

Previamente às análises foram efetuadas leituras no espectrofotômetro de concentrações conhecidas do corante, para estabelecer uma correlação de regressão, possibilitando o cálculo da concentração do corante na amostra (mg L^{-1}). Com as concentrações de corante nas amostras, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo e relacionar com a área foliar ($\mu\text{L cm}^{-2}$).

A avaliação qualitativa da pulverização foi realizada de maneira simultânea, em papel hidrossensível (26 x 76 mm), fixados em haste metálica (BUENO; CUNHA; ALVES, 2013; CHAIN; MAIA; PESSOA, 1999; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016). Cada haste foi ajustada para receber um cartão de papel referente aos estratos superior, médio e inferior na planta. De modo que o cartão superior fosse colocado na altura do folíolo mais exposto à pulverização; o cartão inferior na altura da primeira folha, de baixo para cima; e o cartão médio fixado entre os dois.

Após a pulverização, com o auxílio de um scanner de mesa, com resolução de 600 dpi, as imagens dos papéis hidrossensíveis foram digitalizadas e analisadas pelo software Gotas[®], da Embrapa (CHAIM; CAMARGO NETO; VISOLI, 2012).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Safra 2016/2017

A avaliação da pulverização aos 62 DAS evidencia disparidade entre os níveis de depósito obtidos nos estratos superior e inferior das plantas de soja. O depósito médio recuperado nos folíolos do estrato inferior das plantas de soja não apresentou incremento significativo, mesmo quando se aumentou o volume de aplicação: $R^2=0,9971$ $F=0,23^{ns}$ (Figura 1).

Avaliar os níveis de depósito permite quantificar a pulverização interceptada pelo alvo e ainda expor o local mais atingido na planta. Nesse caso, denota-se que a maior parte da calda é retida pelos folíolos do estrato superior das plantas. Esta observação já foi constatada por diversos autores na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários (ANTUNIASSI *et al.*, 2011; BUENO, CUNHA, ALVES, 2013; PRADO *et al.*, 2015; HENRIQUE *et al.*, 2016). No entanto, a maioria dos estudos que correlaciona aumento do volume de aplicação e depósito sobre o alvo considera volumes pontuais ou então analisam os dados como qualitativos. A análise de regressão permite observar o comportamento dos níveis de depósito sobre o alvo em função do incremento do volume de aplicação (BANZATTO; KRONKA, 1992).

Os níveis de depósito da calda no estrato superior das plantas de soja foram proporcionais ao incremento do volume de aplicação aplicado: $R^2=0,9808$; $F=4,18^{**}$. Contudo, essa tendência não se manifestou no estrato inferior das plantas $R^2=0,9971$; $F=0,23^{ns}$ (Figura 1). Esse resultado indica que o incremento do volume de aplicação de maneira isolada não é suficiente para aumentar os níveis de depósito nos estratos mais internos das plantas de soja, pelo menos não de maneira eficiente.

Em 2015, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, listou os principais problemas com a fitossanidade na agricultura brasileira, dentre eles a ferrugem asiática da soja, a mosca-branca e o mofo-branco (MAPA, 2015). Tais agentes possuem a soja como hospedeiro em comum e são encontrados, especialmente, nos estratos mais internos do dossel. A distribuição vertical da ninfa de mosca-branca na planta, por exemplo, é maior nos estratos médio e superior, mas pode ser encontrada em toda planta (SUEKANE *et al.*, 2013). O progresso da epidemia de ferrugem na soja é maior nos estratos médio e inferior das plantas (SUEKANE *et al.*, 2013). Estudando a severidade da *Phakopsora pachyrhizi* em

folíolos de diferentes posições nas plantas de soja, LENZ *et al.* (2012) observaram que o primeiro trifólio da planta, contado de baixo para cima, apresenta uma progressão da doença 4 vezes maior em relação aos trifólios do topo da planta. Por fim, a cultura da soja é mais vulnerável ao mofo-branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary na fase de floração plena, justamente na capacidade máxima vegetativa da cultura (GÖRGEN *et al.*, 2009). Conhecer a biologia destes agentes reforça ainda mais a importância de uma distribuição adequada dos produtos fitossanitários na planta de soja.

Vale destacar ainda, que a concentração da calda no tanque é inversamente proporcional ao volume de aplicação. Isso evidencia que para o mesmo depósito sobre o alvo, proveniente de pulverizações de volumes de aplicação distintos, a quantidade de produto fitossanitário será maior quando o volume de aplicação for menor. Por exemplo, pelo cálculo teórico, o mesmo depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) com o volume de 50 L ha^{-1} apresenta 3 vezes mais quantidade do produto fitossanitário por área quando comparado ao volume de 150 L ha^{-1} .

Pode-se constatar que a resposta aos níveis de depósito sobre os folíolos entre os volumes menores de calda é maior. Dentre os volumes de calda avaliados nesse estudo, os volumes maiores apresentam uma amplitude menor de variação entre os depósitos nos estratos superior e inferior (Figura 1). Essa evidência indica que pequenos ajustes no volume de aplicação podem maximizar a deposição, especialmente em propriedades que trabalham com volumes menores (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; FARINHA *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2015; PRADO *et al.*, 2015).

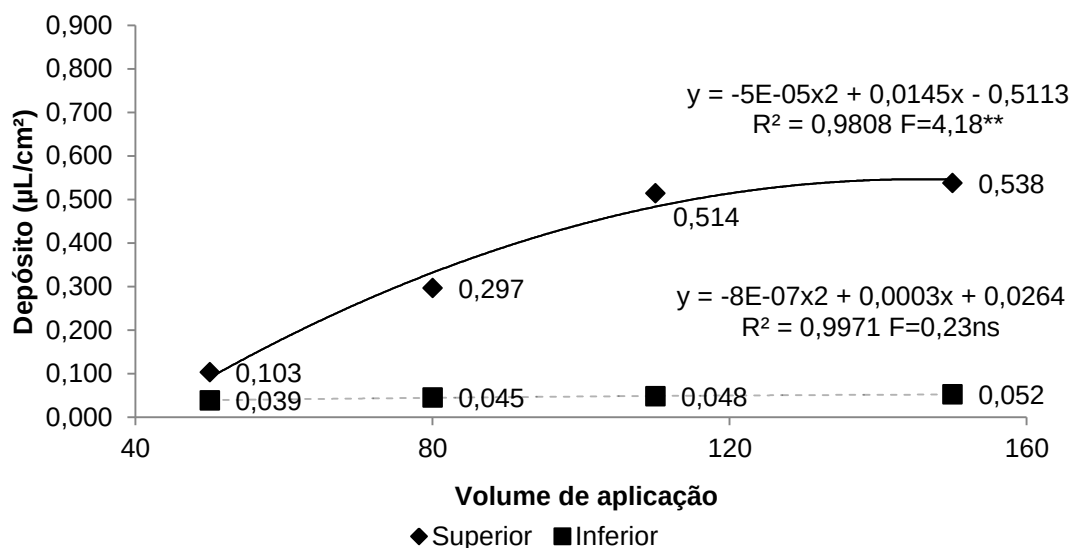
Considerando que o incremento do depósito no estrato inferior é incipiente com o aumento do volume, é possível questionar: a quantidade de calda depositada é igual à aplicada pela máquina? Como resposta à pergunta é necessário calcular qual a deposição máxima esperada dos diferentes volumes de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$). Para ilustrar, é possível calcular o depósito teórico máximo sobre uma superfície plana, os volumes de calda de 150, 110, 80 e 50 L ha^{-1} , em situação hipotética, poderiam apresentar os níveis máximos de depósito de $1,5 \mu\text{L cm}^{-2}$; $1,1 \mu\text{L cm}^{-2}$; $0,8 \mu\text{L cm}^{-2}$ e $0,5 \mu\text{L cm}^{-2}$; respectivamente. Com base nos dados de deposição, por ocasião das perdas, é possível notar que nenhum dos volumes de aplicação avaliados apresenta

sua máxima deposição teórica (Figura 1). Ou seja, a quantidade de calda depositada no alvo é sempre menor que a aplicada pela máquina.

Fundamentando-se nas evidências apresentadas, pode-se sugerir uma segunda questão: a quantidade de produto fitossanitário depositada no alvo é suficiente para promover o controle (eficácia)? Porém, a resposta a esta pergunta envolve uma série de variáveis, as quais impedem a generalização da resposta. Deve-se conhecer qual a dose mínima capaz de inibir o efeito do agente causador de dano, normalmente se usa como parâmetro as análises de concentração necessária para inibição de 50% do desenvolvimento do organismo (CI_{50}). Tais valores são intimamente relacionados à sensibilidade do organismo alvo ao produto fitossanitário. Essa sensibilidade pode variar entre os produtos fitossanitários e até mesmo entre diferentes populações do organismo.

Conforme observado por REIS *et al.* (2015), em uma população de *Phakopsora pachyrhizi* coletada em Chapadão do Sul, MS, houve diferença na concentração inibitória (CI_{50}) com moléculas fungicidas. Enquanto o fungicida tebuconazol precisou de $4,65 \text{ mg L}^{-1}$ para atingir a CI_{50} , o fungicida prothioconazol precisou de apenas $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ para apresentar o mesmo efeito. Neste mesmo trabalho observa-se acentuada diferença entre a CI_{50} de uma mesma molécula fungicida exposta a diferentes populações do fungo. População “Santo Antônio de Posse - SP” ($CI_{50} = 0,01 \text{ mg L}^{-1}$) e população “Paraguai” ($CI_{50} = 5,10 \text{ mg L}^{-1}$). Portanto, é possível inferir que mesmo com uma deposição idêntica sobre o alvo, dois produtos fitossanitários distintos, de mesma dose, podem apresentar resultados diferentes na eficácia.

Figura 1 - Efeito do volume de aplicação sobre a deposição média, nos estratos superior e inferior da planta de soja, aos 62 DAS, estágio fenológico R2, Botucatu - SP, 2017.

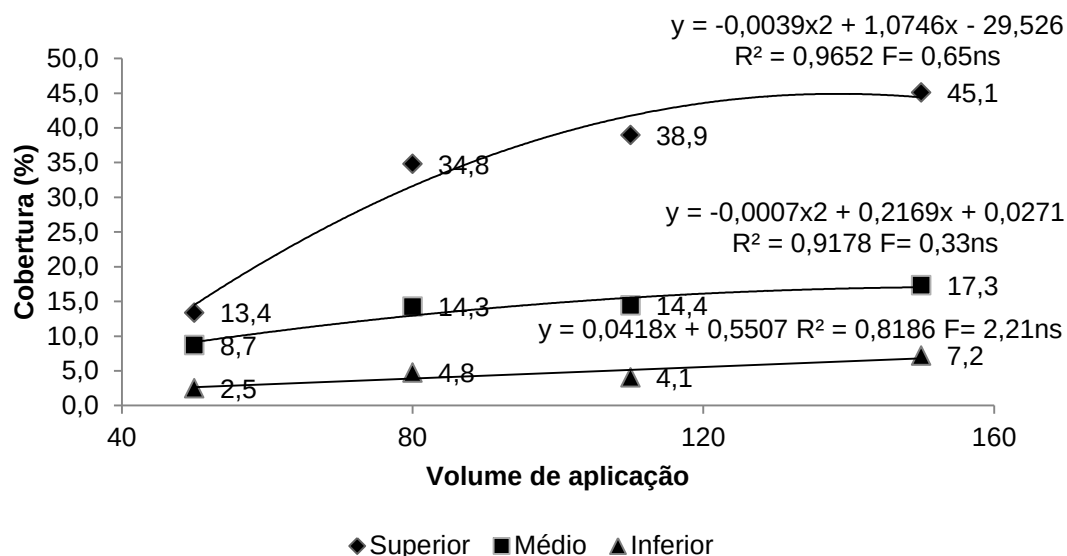


Ainda na mesma aplicação, aos 62 DAS, foi analisada a cobertura da calda sobre alvos artificiais. Os maiores valores foram encontrados nos estratos mais expostos à pulverização, em ordem decrescente: superior, médio e inferior (Figura 2).

A análise de regressão ilustrou a existência de cobertura similar dentro de cada estrato ($F_{\text{superior}} = 0,65^{ns}$; $F_{\text{médio}} = 0,33^{ns}$; $F_{\text{inferior}} = 2,21^{ns}$). Outro ponto a ser destacado é o nível de cobertura do estrato médio, o qual se assemelha mais ao estrato inferior da planta. No maior volume de aplicação (150 L ha^{-1}), por exemplo, enquanto a diferença de cobertura obtida entre o estrato médio e inferior é de 10,1%, entre o estrato médio e superior é de 27,8 %. Esses resultados reforçam a dificuldade em posicionar a calda nos estratos mais internos do dossel.

A distribuição da calda impacta sobre o contato físico do produto fitossanitário com o local objeto da aplicação (alvo). Portanto, é possível inferir que um produto fitossanitário que apresenta mobilidade baixa sobre a planta, necessariamente irá precisar de cobertura máxima, sob pena de falha no controle (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2009). Apesar dos avanços nas formulações dos produtos fitossanitários o número de substâncias capazes de se redistribuir na planta (sistêmicos) é limitado. Além disso, na própria cultura da soja, cresce a adoção de fungicidas protetores, que dentre as suas características possuem baixa mobilidade (GODOY *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; STEFANELLO, 2017; ALVES; JULIATTI, 2018).

Figura 2 - Efeito do estrato da planta sobre a cobertura da pulverização em alvos artificiais, em diferentes volumes, aos 62 DAS, estágio fenológico da soja R2, Botucatu, SP, 2017.



Os depósitos recuperados aos 83 DAS, quando analisados em cada estrato da planta apresentaram incremento proporcional à taxa de aplicação ($F_{\text{superior}}=4,85^{**}$; $F_{\text{inferior}}=3,24^{**}$). Diferente do observado na aplicação aos 62 DAS, a deposição da calda sobre os folíolos obteve incremento, independente do estrato da planta, com o aumento do volume. Enquanto os depósitos obtidos com volumes de calda de 80 e 110 L ha⁻¹ se encontram na faixa de 0,191 e 0,385 $\mu\text{L cm}^{-2}$, o volume de 150 L ha⁻¹ apresentou depósito médio de 0,674 $\mu\text{L cm}^{-2}$ no estrato superior da planta (Figura 3).

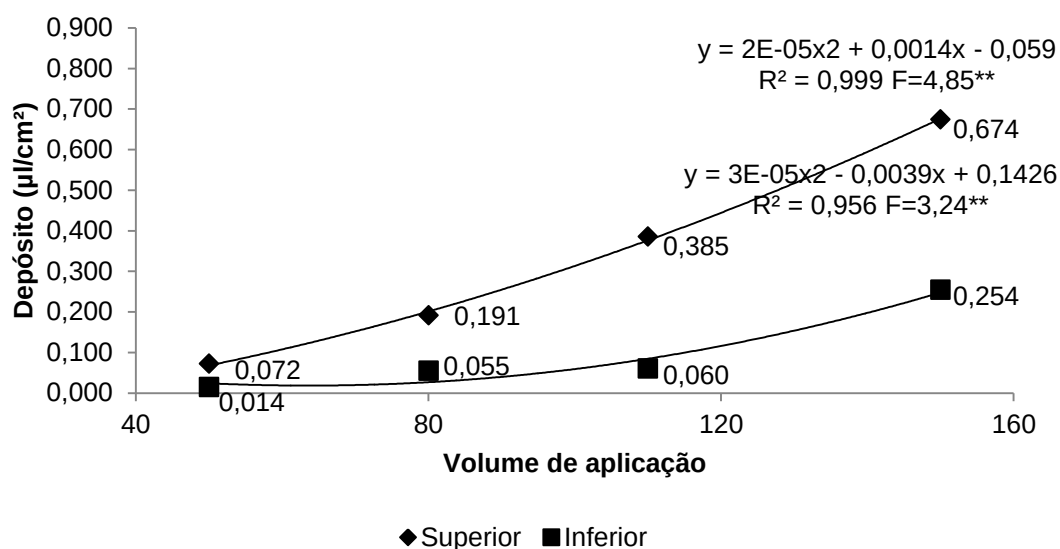
Aplicando os mesmos tratamentos, com a mesma máquina, calda, operador e mesma cultura agrícola, ainda assim, existem peculiaridades em cada aplicação. Dentre elas é possível destacar as condições climáticas e o estágio fenológico da cultura (BALAN *et al.*, 2008; CUNHA, 2008; DAL POGETTO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Para ilustrar a individualidade de cada aplicação, pode-se comparar a deposição obtida no estrato superior nos diferentes volumes de calda, em ambas as aplicações (62 e 83 DAS). Assim, uma maneira de distinguir o depósito obtido de cada aplicação é observar a mediana, enquanto a mediana da primeira aplicação é de 0,405 $\mu\text{L cm}^{-2}$, a mediana da segunda aplicação é 0,288 $\mu\text{L cm}^{-2}$, evidenciando menores valores de depósito na aplicação aos 83 DAS.

As condições meteorológicas no momento de cada aplicação (Tabela 1) ilustram as condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Deve-se ressaltar que a classe do tamanho das gotas produzidas pelas pulverizações estava representada por diâmetros entre 106 e 235 μm (diâmetro mediano volumétrico, DMV), considerada suscetível à deriva por vários autores (BALAN *et al.*, 2008; CUNHA; PERES, 2010). Deste modo, as condições meteorológicas de cada safra podem ter influenciado na qualidade e quantidade da pulverização interceptada. Outro ponto que pode ser considerado é que o índice de área foliar no estágio fenológico R4 (83 DAS) é menor que em R2 (60 DAS). Conforme constatado por SOUZA (2017), o máximo de desenvolvimento foliar na cultura da soja, utilizando a cultivar Campo Mourão, proporcionou IAF de 6,7 $\text{m}^2.\text{m}^2$ no estágio R2.

É evidente que em determinadas situações, o efeito sobre a deposição e cobertura da pulverização, proporcionado pelo incremento do volume de aplicação é mais nítido. Como consequência, esse comportamento impede uma recomendação geral do volume de aplicação, especialmente dentre os volumes menores de calda.

Figura 3 - Efeito do volume de aplicação sobre a deposição média, no estrato superior e inferior da planta, aos 83 DAS, estágio fenológico da soja R4, Botucatu, SP, 2017.



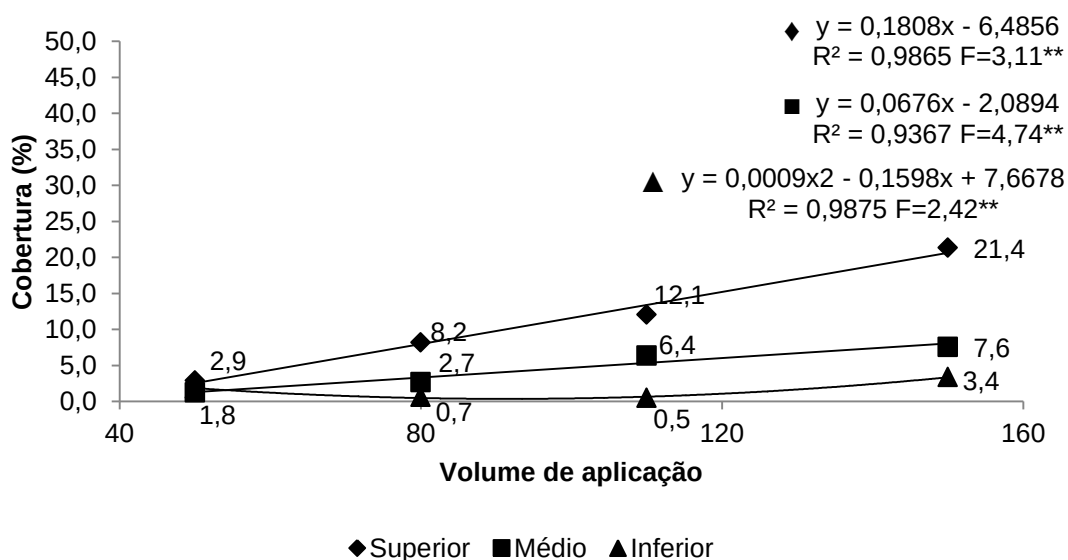
Ainda na mesma aplicação, 83 DAS, a porcentagem de cobertura sobre alvo artificial foi mais próxima nos diferentes estratos da planta em relação à aplicação realizada aos 62 DAS (Figura 4). Ao analisar os valores de cobertura média na

aplicação aos 83 DAS pode-se observar o valor máximo de 21,4%, enquanto que na avaliação da cobertura aos 62 DAS o valor máximo foi de 45,1%.

De maneira geral, entre os produtores de soja brasileiros, existe tendência de redução da taxa de aplicação. É comum, na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários discussões a respeito da escolha do volume de aplicação adequado e, no geral, subestimam o efeito do momento sobre a quantidade necessária e a qualidade da pulverização. Fatores como velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar podem variar de maneira significativa dentro de um mesmo dia, ao ponto de impactar a operação de maneira única (MACIEL *et al.*, 2017). Outro fator são as particularidades da planta de soja, seja em razão do arranjo de plantas escolhido ou mesmo o estágio fenológico no momento da aplicação (SOUZA *et al.*, 2019). É justamente o impacto de fatores externos ao da máquina, características morfológicas e arquitetura da planta, alvo, operador e produto fitossanitário que impedem a recomendação generalista de um único volume de aplicação.

Pela análise do efeito dos estratos das plantas sobre a cobertura da calda no alvo, é possível notar o incremento da cobertura de pulverização sobre o alvo com o aumento do volume, independente do estrato da planta (Figura 4).

Figura 4 - Efeito do estrato da planta sobre a cobertura da calda em alvo artificial, em diferentes volumes, aos 83 DAS, estágio fenológico da soja R4, Botucatu, SP, 2017.

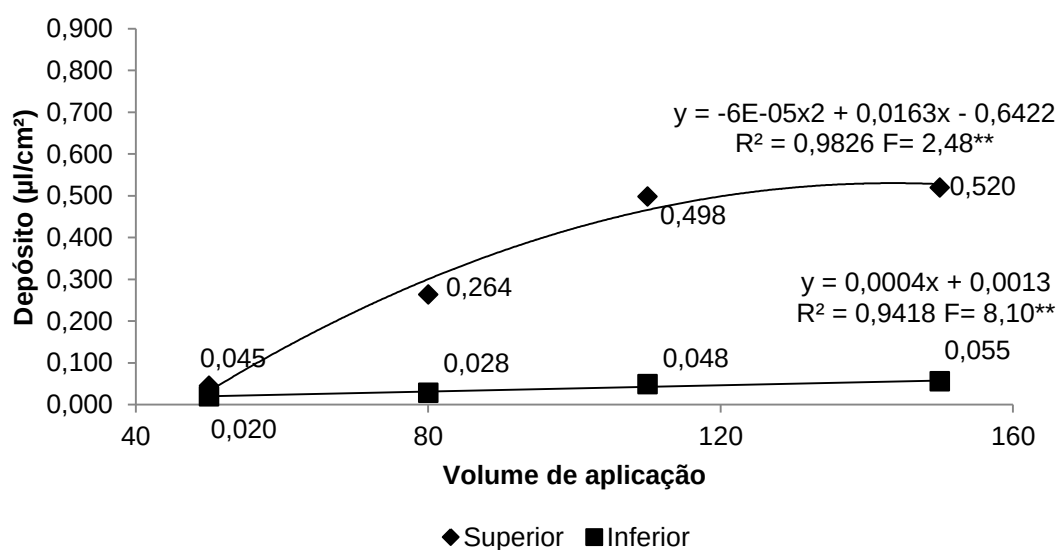


1.3.2 Safra 2017/2018

Na safra agrícola 2017/2018 foi realizada uma aplicação aos 75 DAS. Os depósitos coletados nos folíolos das plantas de soja seguiram a mesma tendência observada na aplicação aos 62 DAS, safra 2016/2017. O depósito médio obtido nos folíolos inferiores das plantas foi menor (cerca de 10 vezes), a exceção do volume 50 L ha^{-1} , o qual propiciou depósitos no estrato superior da cultura semelhantes ao do estrato inferior. Houve estabilidade dos níveis de depósito obtidos no estrato superior para volumes maiores que 110 L ha^{-1} (Figura 5).

Pela equação de primeiro grau a partir dos depósitos médios do estrato inferior das plantas é possível estimar o volume necessário para obter determinado nível de depósito. Ao aplicar a equação matemática $y = 0,0004x + 0,0013$ é possível observar, para essas condições, que para alcançar o depósito de $0,2 \mu\text{L cm}^{-2}$ no estrato inferior da planta, seriam necessários cerca de 497 L ha^{-1} de calda (Figura 5).

Figura 5 - Efeito do volume de aplicação sobre a deposição média, nos estratos superior e inferior da planta, aos 75 DAS, estágio fenológico da soja R4, Botucatu, SP, 2018.



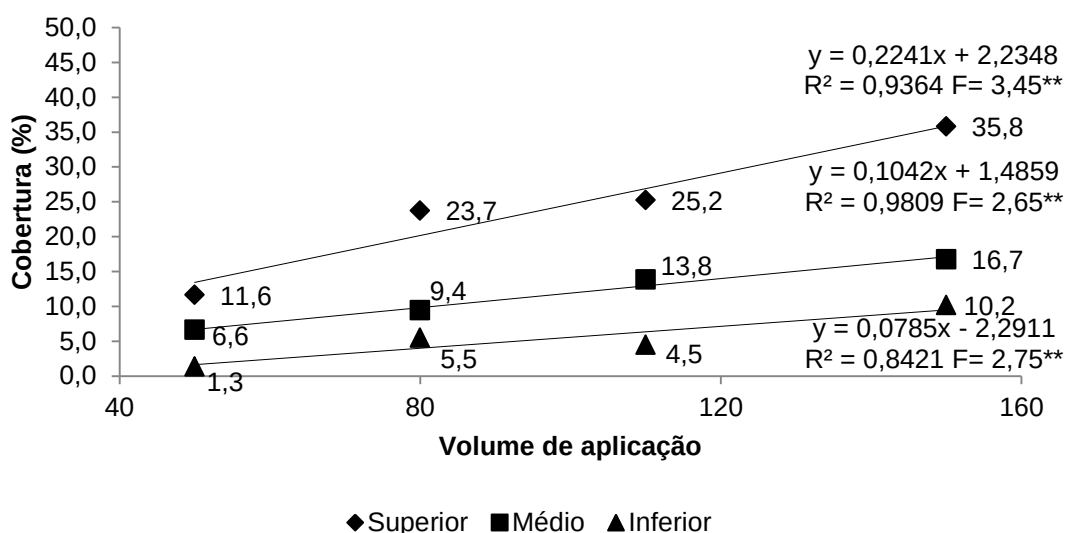
A porcentagem de cobertura da pulverização entre os estratos inferior e médio da planta são mais semelhantes, em relação à obtida nos estratos médio e superior (Figura 6). Assim, apenas por encontrar-se no estrato médio da planta, o alvo tende a receber cerca de 50% da cobertura máxima da pulverização obtida no estrato superior da planta. Essa dificuldade na penetração da calda no dossel pode

novamente ter relação com a capacidade de desenvolvimento vegetativo da cultura, arquitetura da planta, bem como o fechamento da cultura entre linhas de plantio (HEIFFIG *et al.*, 2006; HOLTZ *et al.*, 2014; ZANON *et al.*, 2015; YOKOYAMA *et al.*, 2018).

Talvez no futuro, com o avanço da tecnologia, as recomendações de produtos fitossanitários possam ser feitas considerando os valores de depósito em volume por unidade de área ($\mu\text{L cm}^{-2}$) ou massa ($\mu\text{g cm}^{-2}$). Atualmente existem estudos que relacionam o volume de culturas arbóreas com o volume de aplicação necessário para atingir um alvo específico (ALVARENGA *et al.*, 2015).

A cobertura da pulverização sobre o alvo é influenciada pela taxa de aplicação, quantidade depositada, pela área de superfície do vegetal, pelo diâmetro das gotas e pela tensão superficial da calda (COURSHEE, 1967). Portanto, especialmente em culturas anuais, uma mesma deposição pode promover maiores níveis de cobertura pela utilização de adjuvantes capazes de reduzir a tensão superficial da calda, nesse caso, os surfatantes (AGUIAR JÚNIOR *et al.*, 2011; BAIO; GABRIEL; CAMOLESE, 2015; PRADO *et al.*, 2015).

Figura 6 - Efeito do estrato da planta sobre a cobertura da calda em alvo artificial, em diferentes volumes, aos 75 DAS, estágio fenológico da soja R4, Botucatu, SP, 2018.



1.4 CONCLUSÕES

Nas condições de condução dos experimentos pode-se concluir que:

- Há relação direta do volume de aplicação com os níveis de depósito e cobertura da pulverização, independente do alvo nas plantas de soja;
- Maiores volumes promovem maiores níveis de depósito e cobertura da pulverização sobre o alvo, contudo a intensidade desta resposta é particular ao momento em que aplicação é realizada;
- O incremento dos níveis de depósito e cobertura da calda foi mais evidente quando o aumento do volume de aplicação ocorreu entre volumes menores (50 e 80 L ha^{-1}) quando comparado aos volumes de 110 e 150 L ha^{-1} ;
- A recomendação de redução de volume não deve ser generalista, mas sim pontual considerando a complexidade da interação alvo-planta, cultivar, estágio de desenvolvimento da planta e tecnologia de aplicação.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JÚNIOR, H. O. *et al.* Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 103 - 109, 2011.
- ALVARENGA, C.B. *et al.* Efeito da morfometria da laranjeira na pulverização hidropneumática. **Revista Agro@Mambiente**, v. 8, n. 1, p. 49, 2015.
- ALVES, V. M.; JULIATTI, F. C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 3, p. 245 - 251, 2018.
- ANTUNIAS, U. R. *et al.* Systems of aerial spraying for soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 695 - 703, 2011.
- ASABE, S572.1 (2009). **Spray nozzle classification by droplet spectra**, ANSI/ASAE Standard 572.1 2009.03.01. St. Joseph, MI: ASABE, 2009. 3p.
- BAIO, F. H. R.; GABRIEL, R. R. F.; CAMOLESE, H. S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 151 - 161, 2015.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 271 - 276, 2000.
- BAUER, F. C. *et al.* Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1610 - 1614, 2008.
- BALAN, M. G. *et al.* Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 293 - 298, 2008.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, v. 2, 1992. 237p.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1210 - 1222, 2013.
- CERQUEIRA, D. T. R. *et al.* Agricultural spray deposit quantification methods. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 825 - 831, 2012.
- CHAIM, A.; CAMARGO NETO, J.; VISOLI, M. C. *et al.* **Gotas: sistema de análise de deposição de agrotóxico**. Campinas: EMBRAPA, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.agrolivre.gov.br/projects/gotas>>.

CHAIM, A. *et al.* Comparação de método microscópico e programa computacional para a estimativa da deposição de agrotóxicos pela pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p.493 - 496, 2002.

CHAIN, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 963 - 969, 1999.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 5º levantamento**. CONAB: Brasília, 2018. p. 140.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239 - 286.

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

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

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

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

DAL POGETTO, M. H. F. A. *et al.* Controle da ferrugem asiática e produtividade da soja após pulverizações de piraclostrobina + epoxiconazole em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 3, p. 248 – 250, 2012.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina: Embrapa Soja, 2015.

FARINHA, J. V. *et al.* Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1738 - 1744, 2009.

FEHR, W. R; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

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

GÖRGEN, C. A. *et al.* Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1583 - 1590, 2009.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285 - 295, 2006.

HENRIQUE, F. *et al.* Evaluation of spray deposits with twin flat tip with air induction in two soybean stages. **IDESIA (Chile)**, v. 34, n. 4, p. 43 - 48, 2016.

HOLTZ, V. *et al.* Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1371 - 1376, 2014.

JULIATTI, F. C. *et al.* Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* populations to dithiocarbamate, chloronitrile, triazole, strobilurin, and carboxamide fungicides. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, p. 933 - 943, 2017.

LENZ, G. *et al.* Espectros de gotas e idade de trifólios e sua interação com a área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1528 - 1534, 2012.

MACIEL, C. F. S. *et al.* Sprayed liquid loss due to evaporation in different psychrometric conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 244 - 250, 2017.

MAPA. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos agropecuários**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 jul. 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 5 de 21 de agosto de 2015. **Define as pragas de maior risco fitossanitário nas principais culturas agrícolas nacionais para fins a priorização dos processos de registro de produtos e tecnologias de controle**. D.O.U. - Diário Oficial da União. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=24/08/2015&jornal=1&pagina=13&totalArquivos=76>. Acesso em: 03 jul. 2019.

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

OLIVEIRA, G.M. *et al.* Sentidos de aplicação e pontas de pulverização no percentual de cobertura em alvos artificiais, para diferentes situações de orientação de alvo e vento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 581 - 586, 2012.

ORTIZ, R. B. P. **Multi-site fungicides associated with DMIs and QoIs: a new strategy to control asian soybean rust**. 2015. Dissertação. (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

REIS, E. M. *et al.* In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and Qol fungicides. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 21 - 24, 2015.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 440 - 445, 2005.

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.

SILVA JÚNIOR, J. *et al.* Efeito de fungicidas sistêmico e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 705 - 712, 2009.

SILVA, L. H. C. P. *et al.* Control of asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 64 - 67, 2015.

SOUZA, D. M. *et al.* News soybean sowing arrangements on spray and control of Asian rust. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, p. 206, 2019.

SOUZA, F. M. S. **Avaliação quali-quantitativa da pulverização em barra assistida por ar na cultura da soja em diferentes estádios fenológicos**. 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, 2017.

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

STEFANELLO, M. T. **Mancozebe influencia a persistência de fungicidas inibidores da desmetilação e inibidores da quinona oxidase em cultivares de soja**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SUEKANE, R. *et al.* Danos da mosca-branca *Bemisia tabaci* (genn.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 151 - 158, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aib/v80n2/03.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

YOKOYAMA, A. H. *et al.* Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 81 - 90, 2018.

ZANON, A. J. *et al.* Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 279 - 290, 2015.

CAPÍTULO 2 - IMPACTO DO VOLUME DE CALDA FUNGICIDA SOBRE O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA E PRODUTIVIDADE DA SOJA

RESUMO

Como estratégia anti-resistência os fungicidas de ação multissítio estão sendo recomendados no controle de *Phakopsora pachyrhizi*. Dentre eles o mancozebe é uma molécula que tem se destacado. Contudo é complexa a interação da calda fungicida e volume de aplicação. Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar o efeito do volume de aplicação, bem como a associação de fungicidas com diferentes mecanismos de ação, no controle da ferrugem asiática e produtividade da soja. Os fungicidas mancozebe, trifloxistrobina mais protioconazol e a mistura deles foram aplicados na soja em duas safras agrícolas, 2016/2017 e 2017/2018. A severidade da doença causada por *Phakopsora pachyrhizi* foi avaliada semanalmente. As pulverizações fungicidas foram iniciadas ao observar as primeiras pústulas da doença. Posteriormente os dados serviram para o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Todos os tratamentos fungicidas reduziram a AACPD. A composição trifloxistrobina mais protioconazol é mais sensível à redução do volume de aplicação; a associação de trifloxistrobina mais protioconazol e mancozebe promove menor AACPD; é possível o controle da FAS apenas com mancozebe; o efeito do volume de aplicação e da calda fungicida sobre o controle da epidemia é impactado sobre as condições particulares da safra agrícola; o menor volume de aplicação que proporciona o máximo controle da FAS e maior produtividade é dependente da severidade da doença.

Palavras-chave: Volume de pulverização. Mecanismo de ação. *Phakopsora pachyrhizi*. Fungicida multissítio. Mistura em tanque.

CHAPTER 2 - IMPACT OF FUNGICIDE APPLICATION RATE ON CONTROL OF ASIAN RUST AND SOYBEAN CROP YIELD

ABSTRACT

Multi-site action fungicide is a tool anti-resistance strategy to control of *Phakopsora pachyrhizi* used. Among the fungicides, mancozeb is a molecule that has been highlighted. However, the interaction between the solution spray and application rate is complex. Therefore, the goal of this work is to evaluate the effect of application rate, as well as the association of fungicides with different action mechanisms on soybean Asian rust (SAR) control and crop yield. The fungicides mancozeb, trifloxystrobin plus prothioconazole and when in mixture were applied in two crop seasons, 2016/2017 and 2017/2018. The disease severity caused by *Phakopsora pachyrhizi* was evaluated weekly. Fungicide sprays were started by occurrence of the first pustules of disease. Subsequently the data were used to calculate the area under the disease progress curve (AUDPC). All treatments reduced AUDPC. The spray composition with trifloxystrobin plus prothioconazole promoted more impact to reduction of application rate; the fungicide mixture with trifloxystrobin plus prothioconazole and mancozeb promotes lower AUDPC; it is possible to control the SAR disease only with mancozeb; the application rate effect and the fungicide solution on the disease control is impacted by particular conditions of the crop season; the smaller application rate that provides the maximum control of SAR and greater productivity is dependent of the disease severity.

Keywords: Application rate. Action mechanism. *Phakopsora pachyrhizi*. Multi-site fungicide. Tank mix.

2.1 INTRODUÇÃO

A soja é considerada uma importante commodity internacional. A estimativa da safra 2018/2019 é consolidar uma produção de 114,8 milhões de toneladas de soja e um consumo interno ao redor de 44 milhões de toneladas (CONAB, 2019a). Esses números fazem do Brasil o 2º maior produtor mundial da cultura.

Nos três últimos anos, a produtividade de soja tem superado a média dos 10 últimos anos, ultrapassando 3.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019b). Essa tendência é possível devido à adoção de tecnologias na produção. Contudo, para manter esses patamares de produtividade o agricultor precisa estar atento a uma série de agentes causadores de danos nas lavouras. Dentre eles, os nematoides, ácaros, insetos-pragas e patógenos.

A ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, destaca-se como um dos principais agentes causadores de danos na cultura. A doença causa desfolha precoce e é conhecida pela rápida evolução da epidemia (ALMEIDA *et al.*, 2005; YORINI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004). Dentre as táticas de manejo da ferrugem destacam-se o vazio sanitário, adoção de cultivares precoces, cultivares com genes de resistência e especialmente o controle químico com fungicidas (FRAC, 2019a).

Segundo estudo realizado pelo CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), em parceria com a ANDEF (Associação Nacional de Defesa Vegetal), o custo de produtores de soja com fungicidas na safra 2016/2017 foi de R\$ 8,3 bilhões, sendo 96 % deste montante destinado ao controle da FAS (CEPEA, 2019).

Nos últimos anos, os fungicidas dos grupos químicos triazol, estrobilurina e mais recentemente as carboxamidas se tornaram as principais ferramentas no controle da FAS. Em comum, possuem atuação em sítios específicos sobre o patógeno. Contudo, com base em estudos de eficácia realizados a cada safra, especialmente os trabalhos realizados pela EMBRAPA, tem-se constatado redução progressiva na sensibilidade do fungo aos fungicidas de sítio de ação específico ao longo das safras (GODOY *et al.*, 2014a; GODOY *et al.*, 2015a; GODOY *et al.*, 2016a; GODOY *et al.*, 2017a; GODOY *et al.*, 2018a). É válido destacar, que os experimentos em rede liderados pela EMBRAPA oferecem uma padronização das condições operacionais,

como o volume de aplicação de 120 L ha⁻¹, intervalos entre as aplicações de aproximadamente 15 dias e avaliações baseadas na escala diagramática da doença.

Como estratégia anti-resistência aos fungicidas de sítio de ação específico, os fungicidas de ação multissítio estão sendo recomendados no controle de *Phakopsora pachyrhizi*. Dentre eles, o mancozebe é uma molécula que tem se destacado e cada vez mais estudada na cultura da soja (ALVES, 2016; ALVES; JULIATTI, 2018; DECARO, 2018; GODOY *et al.*, 2015b; STEFANELLO, 2017).

Os fungicidas com ação multissítio são conhecidos pela ação protetora e preventiva, além da baixa mobilidade sobre a superfície do alvo. Nesse sentido, a adequada distribuição da calda sobre o alvo se torna fundamental para o controle eficaz (GODOY *et al.*, 2015b; GODOY *et al.*, 2016b; GODOY *et al.*, 2017b; GODOY *et al.*, 2018b; SILVA *et al.*, 2015; ALVES; JULIATTI, 2018).

A calda é resultante da diluição de um ou mais produtos formulados num diluente. O volume de aplicação 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 (COURSHEE, 1967; COSTA *et al.*, 2015; PRADO *et al.*, 2015). Alterar o volume de aplicação implica em aumentar ou diminuir a quantidade de diluente, sem alterar a dose recomendada, portanto, modificando a concentração da calda (MATUO, 1990; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014). Não obstante, soma-se a estas variáveis a associação de adjuvantes e outros fungicidas no tanque do pulverizador (GAZZIERO, 2015; BRASIL, 2018).

Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar o efeito do volume de aplicação, bem como a associação de fungicidas com diferentes mecanismos de ação, dentre eles o mancozebe, no controle da FAS e produtividade da soja.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Instalação e condução

O experimento foi conduzido na gleba cascalheira, área experimental pertencente às Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), coordenadas geográficas: 22°48'57.8"S e 48°25'39.2"W, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, Botucatu, SP (Figura 1).

As semeaduras foram realizadas nas safras agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e população de 12 plantas por metro. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura (DAS) e aos 20 DAS fez-se a aplicação do herbicida glifosato, em ambas as safras. O controle de insetos-praga foi realizado sempre que necessário, baseando-se nos resultados de amostragens semanais e respectivos níveis de controle. O experimento foi realizado sob as mesmas plantas e configurações descritas no Capítulo 1 deste trabalho.

Figura 1 - Vista geral do experimento, safra 2017/2018, Botucatu, SP.



2.2.1.1 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado no delineamento experimental de blocos ao acaso, e os tratamentos distribuídos no esquema fatorial $3 \times 4 + 1$ (3 caldas fungicidas: trifloxistrobina mais proclorazoxol, mancozebe e a mistura de ambos em quatro volumes de calda: 50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹), mais um tratamento testemunha (sem aplicação), em quatro repetições.

2.2.1.2 Aplicação

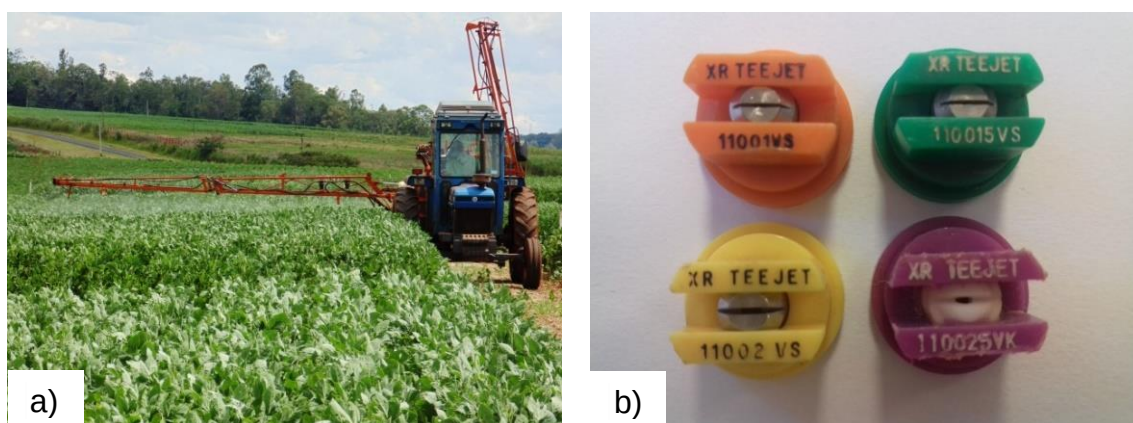
Ao observar as primeiras pústulas da doença foram iniciadas as pulverizações fungicidas. O fungicida mancozebe (Unizeb Gold[®]) foi pulverizado em intervalos de sete dias, no total de quatro pulverizações, na dosagem de 3,0 kg ha⁻¹, e o fungicida trifloxistrobina mais proclorazoxol (Fox[®]) e a mistura (trifloxistrobina mais

protioconazol e mancozebe), em duas pulverizações a cada 14 dias, sendo a dosagem do fungicida Fox® de 0,4 L ha⁻¹. Ao fungicida Fox®, no tratamento isolado ou em mistura, foi adicionado o adjuvante éster metílico de óleo de soja, Aureo® (0,25% v/v), segundo a recomendação do fabricante.

Para as pulverizações utilizou-se um pulverizador montado no sistema hidráulico de um trator de 52 cv de potência, capacidade do tanque de 600 litros, doze metros de barra e vazão da bomba de 100 L min⁻¹ à rotação 540 rpm (Figura 2A). A velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador foi de 6,8 km h⁻¹.

Para obter os volumes de calda (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹) foram utilizadas pontas de pulverização de jato plano, modelo XR, TeeJet®, dos tipos 11001, 110015, 11002 e 110025 nas respectivas pressões de trabalho 140; 140; 160; 200 kPa (Figura 2B). As respectivas pressões de trabalho das pontas produziram um espectro de gotas finas segundo o catálogo do fabricante (106 - 235 µm). Essa classificação do espectro de gotas é baseada na norma ASABE, S572.1 (ASABE, S572.1, 2009).

Figura 2 - Aplicação de calda fungicida com auxílio do pulverizador montado em trator (a); Modelos das pontas de pulverização utilizadas no experimento (b).



2.2.2 Safra 2016/2017

Na primeira safra, 2016/2017 foi realizada a semeadura da soja, cultivar FTS Campo Mourão RR (tipo de crescimento semi-determinado e grupo de maturação 6.6), no dia 25/11/2016, no sistema de semeadura direta sob a palha de aveia.

A caracterização das condições meteorológicas no momento das aplicações pode contribuir para o entendimento do progresso da doença ferrugem asiática da

soja (ZAMBENEDETTI *et al.*, 2007; IGARASHI *et al.*, 2014; LERNER, 2016). Dentre os fatores propícios ao desenvolvimento da doença está o período de molhamento foliar, apesar não mensurado, tem relação direta com a umidade relativa do ar (IGARASHI *et al.*, 2014).

Também foram coletados os dados meteorológicos durante o ciclo da cultura (Figura 3), além do estágio fenológico das plantas e condições meteorológicas no momento das aplicações (Tabela 1). A constatação do primeiro sintoma da doença ocorreu aos 74 DAS (estádio R4).

Figura 3 - Dados meteorológicos coletados na safra 2016/2017. Botucatu, SP, 2017.

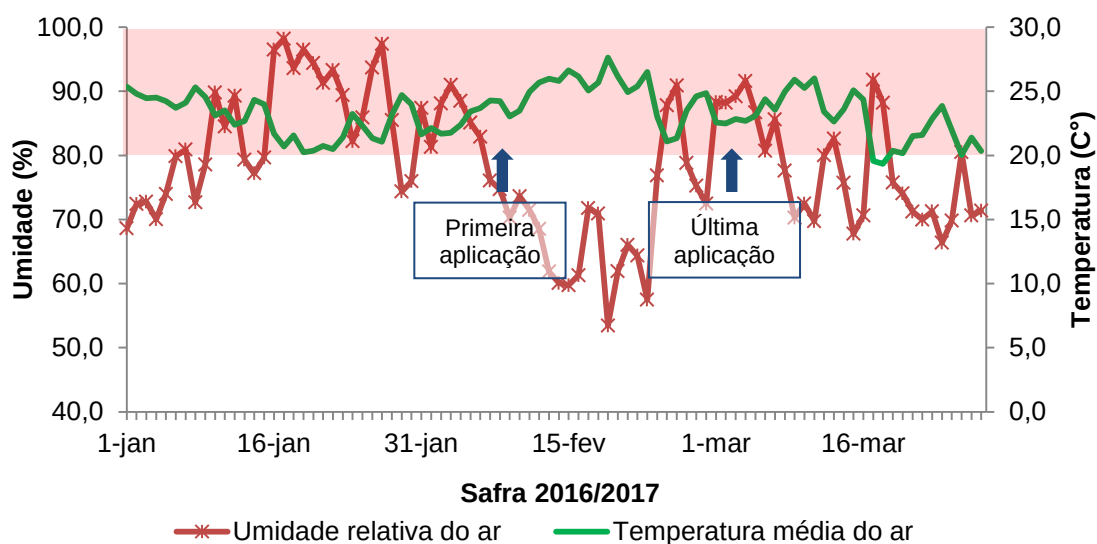


Tabela 1 - Características das aplicações, safra 2016/2017. Botucatu, SP, 2017.

Data	Período ¹	Época ²	Tratamentos ³	(°C)	(%)	(km/h)
08/02/2017	75 DAS	R4	Todos	24,2	74,7	9,0
15/02/2017	82 DAS	R5.1	Mancozebe	26,6	59,8	5,4
22/02/2017	89 DAS	R5.2	Todos	25,4	64,4	5,0
01/03/2017	96 DAS	R5.3	Mancozebe	24,9	72,5	6,5

¹ DAS: Dias após a semeadura

² Estádios fenológicos Fehr; Caviness (1977)

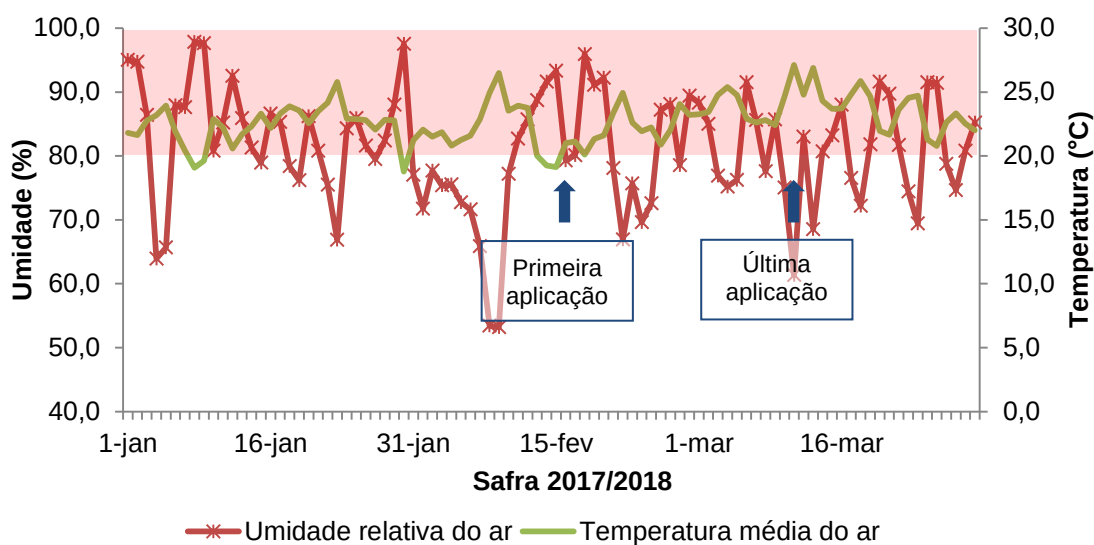
³ O fungicida Unizeb Gold[®] foi pulverizado em intervalos de sete dias, no total de quatro pulverizações, na dosagem de 3,0 kg ha⁻¹, e o fungicida Fox[®] e a mistura (Unizeb Gold[®] + Fox[®]), em duas pulverizações a cada 14 dias, sendo a dosagem do fungicida Fox[®] de 0,4 L ha⁻¹. Ao fungicida Fox[®] foi adicionado o adjuvante Aureo[®] (0,25% v/v), segundo a recomendação do fabricante.

2.2.3 Safra 2017/2018

Na segunda safra, 2017/2018 foi realizada a semeadura da soja, cultivar BMX Potência RR (tipo de crescimento indeterminado, grupo de maturação 6.7) no dia 20/12/2017, no sistema de preparo convencional de solo (grade aradora, intermediária e niveladora).

Os dados meteorológicos registrados em 2018 indicam a umidade relativa do ar alta (>80%) em grande parte do período. A alta umidade relativa do ar pode estar relacionada à maior pressão do inóculo e precocidade da doença FAS na área, encontrada já aos 56 DAS (Tabela 2). Enquanto no período de 01/01 a 31/03 de 2017 (90 dias) houve 37 dias com umidade relativa do ar média acima de 80% (Figura 3), no mesmo período, no ano de 2018, foram 51 dias com umidade relativa do ar média acima de 80% (Figura 4).

Figura 4 - Dados meteorológicos coletados na safra 2017/2018, Botucatu, SP, 2018.



A constatação do primeiro sintoma da doença ocorreu aos 56 DAS. As condições meteorológicas e o estágio fenológico no momento das aplicações foram registrados (Tabela 2).

Tabela 2 - Características das aplicações, safra 2017/2018. Botucatu, SP, 2018.

Data	Período ¹	Época ²	Tratamentos ³	(°C)	(%)	(km/h)
15/02/2018	57 DAS	R1	Todos	19,1	93,3	8,6
21/02/2018	63 DAS	R2	Mancozebe	23,3	78,1	7,6
01/03/2018	71 DAS	R4	Todos	23,2	89,4	4,3
08/03/2018	78 DAS	R4	Mancozebe	22,6	85,6	8,3

¹ DAS: Dias após a semeadura

² Estádios fenológicos Fehr; Caviness (1977)

³ O fungicida Unizeb Gold[®] foi pulverizado em intervalos de sete dias, no total de quatro pulverizações, na dosagem de 3,0 kg ha⁻¹, e o fungicida Fox[®] e a mistura (Unizeb Gold[®] + Fox[®]), em duas pulverizações a cada 14 dias, sendo a dosagem do fungicida Fox[®] de 0,4 L ha⁻¹. Ao fungicida Fox[®] foi adicionado o adjuvante Aureo[®] (0,25% v/v), segundo a recomendação do fabricante.

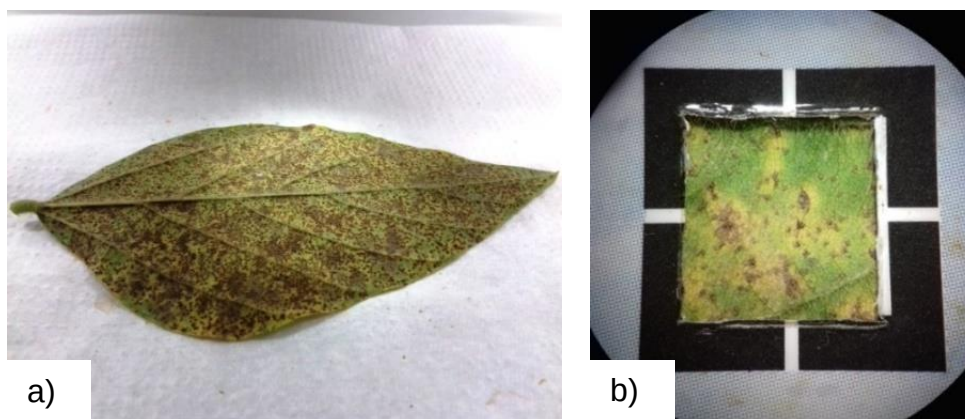
2.2.4 Avaliações do progresso da doença (AACPD)

A severidade da doença causada por *Phakopsora pachyrhizi* foi avaliada semanalmente. Para isso, foram coletados 40 folíolos, da posição central da folha, de baixo para cima, de maneira a representar cada bloco do experimento.

No início do período reprodutivo, estágio fenológico R1, foram amostrados semanalmente 10 folíolos por parcela, coletados individualmente de baixo para cima em plantas das linhas centrais (Figura 5A). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas ao laboratório Central de Pós-graduação do Departamento de Proteção Vegetal para análise.

Cada folíolo coletado foi analisado em microscópio estereoscópio para quantificar o número de pústulas por cm², para isso utilizou-se um modelo de papel com a área correspondente a 1 cm² e colocado ao lado da nervura central, no comprimento médio do folíolo (Figura 5B).

Figura 5 - Folíolo central amostrado de parcela testemunha ao final do experimento (a); Modelo de área de 1 cm² para contagem das pústulas de ferrugem (b).



A avaliação da severidade foi utilizada para calcular a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) proposta por Campbell e Madden (1990). Assim, o resultado foi exposto em forma de gráfico para análise do progresso da doença.

2.2.5 Colheita e produção

Na safra 2016/2017, a colheita foi realizada de maneira mecanizada e ocorreu no dia 03/04/2015. Para isso, utilizou-se uma colhedora de parcelas da marca Wintersteiger, modelo Nursery e largura da plataforma de colheita de 1,6 metros. Foram colhidas três linhas de soja de 6 metros centrais de cada parcela (Figura 6A).

Na safra 2017/2018, a colheita foi realizada de maneira manual e ocorreu no dia 24/04/2018. Para isso foi realizado duas amostragens de 1,0 m², com o auxílio de um quadro de madeira, colocado em três linhas centrais da parcela. Após a colheita manual as amostras foram debulhadas com auxílio de uma trilhadora montada em trator, acoplada a tomada de potência (Figura 6B).

Figura 6 - Colhedora de parcelas (a); Trilhadora montada em trator (b).



Após a colheita dos grãos de cada parcela, as amostras foram levadas a sede da Fazenda Lageado para mensurar a umidade e a massa das amostras. Para isso foi utilizado o equipamento medidor de umidade de grãos da marca comercial Gehaka® AGRI, modelo G929 e balança digital da marca comercial Toledo®, de 0,002 kg de precisão.

De posse dos dados, a produtividade final (kg ha⁻¹) foi calculada após o ajuste dos dados para a umidade de 13%, de acordo com a equação 1:

$$P_c = P_b (100 - U_r) / 100 - 13 \quad (1)$$

Em que:

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

P_b = Peso bruto da amostra;

U_r = Umidade da amostra no momento da pesagem.

2.2.6 Análise estatística

Os dados da doença ferrugem asiática foram analisados em duas formas. Primeiramente, a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) foi apresentada em forma de gráfico de linhas, calculando a AACPD diária média dentro de cada período. Posteriormente, a AACPD média foi analisada dentro de um único período, neste caso foi realizado o teste F e análise de regressão, a 5% de probabilidade. Os cálculos foram realizados utilizando o software estatístico SISVAR[®], versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

Os dados da produtividade foram transformados para sacas por hectare e foram analisados em duas formas. A primeira pelo teste F e, posteriormente, quando significativo o teste de comparação de médias Tukey ($P < 0,05$). Os dados foram expostos na forma de gráfico com os valores médios, para as caldas fungicidas isoladamente. Na segunda forma de apresentação dos resultados de produtividade foi considerado o valor médio entre os volumes da calda fungicida e realizado o teste F e análise de regressão, a 5% de probabilidade. Os cálculos foram realizados utilizando o software estatístico SISVAR[®], versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Safra 2016/2017

2.3.1.1 Progresso da doença

A doença ferrugem asiática da soja foi detectada no período de 76 a 83 dias após a semeadura (DAS). É possível notar que as parcelas sem o tratamento fungicida apresentaram maior área abaixo da curva do progresso da doença, AACPD (Figura 7).

O tratamento somente com o fungicida Fox[®] foi capaz de atenuar a doença, contudo, no volume de 50 L ha⁻¹ o progresso da doença foi maior em relação aos demais tratamentos (Figura 7A). Esse resultado indica que a eficácia de controle do fungicida sobre a doença pode variar com o volume de aplicação. A capacidade de redistribuição do fungicida no alvo pode justificar este resultado. A composição trifloxistrobina mais prothioconazol é conhecida por apresentar mobilidade limitada nas plantas (WANG; LIU, 2007; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2009; ALVES, 2016; STEFANELLO, 2017). A baixa mobilidade de trifloxistrobina mais prothioconazol em plantas de soja sugere a necessidade de máxima cobertura da calda sobre o alvo para atenuar o avanço da doença. Portanto, a redução do volume de aplicação caminha na contramão dessa premissa (CHECHETTO *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2015; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016).

A calda somente com o fungicida Unizeb Gold[®] foi eficaz ao atenuar a epidemia ao longo do tempo, independente do volume aplicado. A proteção se manteve até as últimas avaliações (111 DAS), sendo realizadas quatro aplicações, em intervalos de 7 dias, cada (Figura 7B). O fungicida mancozebe é classificado como imóvel, segundo a capacidade de translocação na planta. Portanto, é desejável obter a máxima cobertura da pulverização sobre as folhas (SILVA *et al.*, 2015). No entanto, no caso deste fungicida, mesmo o menor volume de aplicação proporcionou o controle da epidemia. Esse fato é um indicativo que esse fungicida foi capaz de se manter sob a superfície das folhas, de modo a impedir o desenvolvimento da doença. O ingrediente ativo mancozebe não é reconhecido pela sua tenacidade (SILVA *et al.*, 2015), mas provavelmente em razão do reduzido intervalo entre as aplicações (7 dias) foi possível a sua redistribuição sobre as folhas (ORTIZ, 2015). Assim, a calda fungicida Unizeb Gold[®] foi eficaz em manter a doença sob controle, independente do volume de calda aplicado.

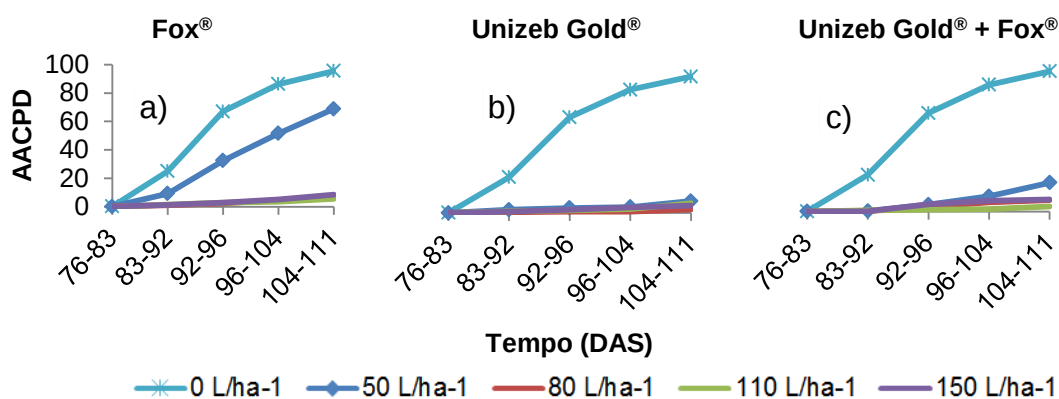
A mistura entre fungicidas, Unizeb Gold[®] e Fox[®], foi capaz de reduzir o progresso da doença em qualquer volume de aplicação. No entanto, é possível observar o início de nova epidemia por volta dos 92 DAS, especialmente quando utilizado o volume de 50 L ha⁻¹ (Figura 7C). Foram realizadas duas aplicações, em um intervalo de 14 dias. O resultado evidencia que a presença de mancozebe na calda fungicida foi capaz de atenuar o impacto negativo do menor volume de aplicação (50 L ha⁻¹). Segundo Stefanello (2017), a associação de mancozebe à

mistura fungicida triazol mais estrobilurina é capaz de promover maior residual de controle e menor severidade da doença.

Tradicionalmente são utilizados os grupos químicos fungicidas triazol e estrobilurina, e mais recentemente o grupo químico das carboxamidas. Ocorre que tais fungicidas atuam sobre sítios de ação específicos no fungo causador da ferrugem e essa característica associada à pressão de seleção tem promovido redução na sensibilidade do fungo a esses compostos (GODOY *et al.*, 2014a; GODOY *et al.*, 2015a; GODOY *et al.*, 2016a; GODOY *et al.*, 2017a; GODOY *et al.*, 2018a; FRAC, 2019; JULIATTI *et al.*, 2017).

Os resultados obtidos no controle da doença são promissores. A associação de mancozebe na calda pode minimizar a pressão de seleção exercida pelas moléculas fungicidas até então utilizadas no controle da FAS. Como consequência seria possível promover um incremento da vida útil dessas substâncias. Certamente a adoção dos fungicidas multissítios no manejo poderia ter estendido a vida útil de importantes moléculas como tebuconazol, ciproconazol e azoxistrobina.

Figura 7 - Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), em diferentes caldas fungicidas. Média diária, ao longo do tempo, dias após a semeadura (DAS). Botucatu, SP, 2017.



A análise da doença dentro de um único período (96 a 104 DAS), média diária, permite comparar o efeito das caldas fungicidas e do volume aplicado sobre a eficácia de controle (Figura 8).

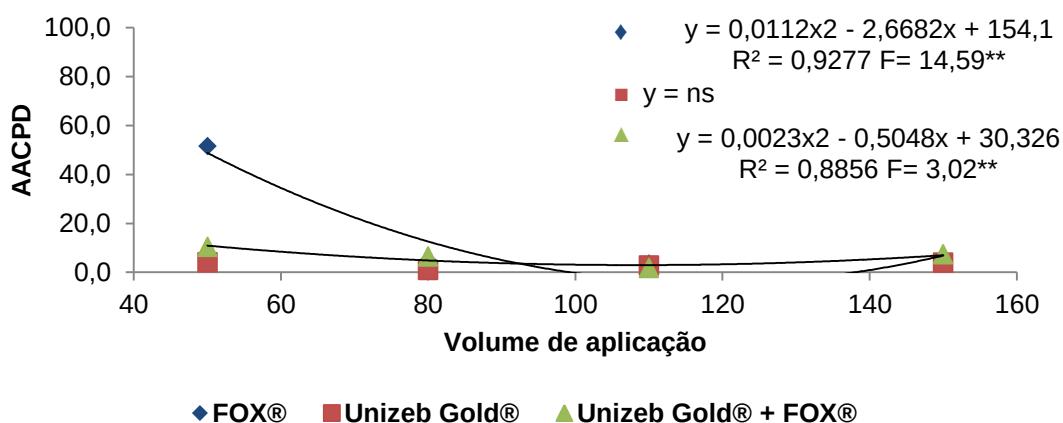
Os resultados evidenciam que o volume de aplicação pode impactar sobre a evolução da doença, porém é dependente da calda fungicida. Enquanto as caldas fungicidas Fox® e Unizeb Gold® mais Fox® apresentam dependência do volume para

a máxima eficácia ($R^2 = 0,9277$, $F = 14,59^{**}$ e $R^2 = 0,8856$, $F = 3,02^{**}$), a calda fungicida Unizeb Gold® não mostra dependência do volume de aplicação sobre a eficácia de controle (Figura 8).

A associação Unizeb Gold® e Fox® diminui em parte a importância do volume de aplicação, de modo que nessa configuração o produtor possa optar por volume menor sem correr risco, quando comparado ao uso somente da composição trifloxistrobina mais protioconazol. Os resultados obtidos por Silva *et al.* (2015) também expressam a viabilidade do mancozebe no controle da FAS, constatando eficácia superior ao padrão, em 4 aplicações semanais.

A importância do volume de aplicação no controle pode ser maior ou menor, a depender das variáveis envolvidas na aplicação. Em estudo desenvolvido por Chechi (2016), avaliando o fungicida Elatus® (azoxistrobina mais benzovindiflupir) em 3 concentrações (75, 100 e 125% da dose recomendada) e precipitação pluviométrica simulada de 20 mm em 6 horários diferentes (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 horas após a aplicação do fungicida), a autora observou que quanto maior o volume de aplicação e maior o tempo sem chuva, menor foi o número de pústulas por cm². Claramente, a associação entre o fungicida e as condições da aplicação é que irão determinar a maior ou menor eficiência sobre a evolução da doença.

Figura 8 - Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Média diária, no período de 96 a 104 dias após a semeadura, em diferentes caldas fungicidas e volumes de aplicação. Botucatu, SP, 2017.

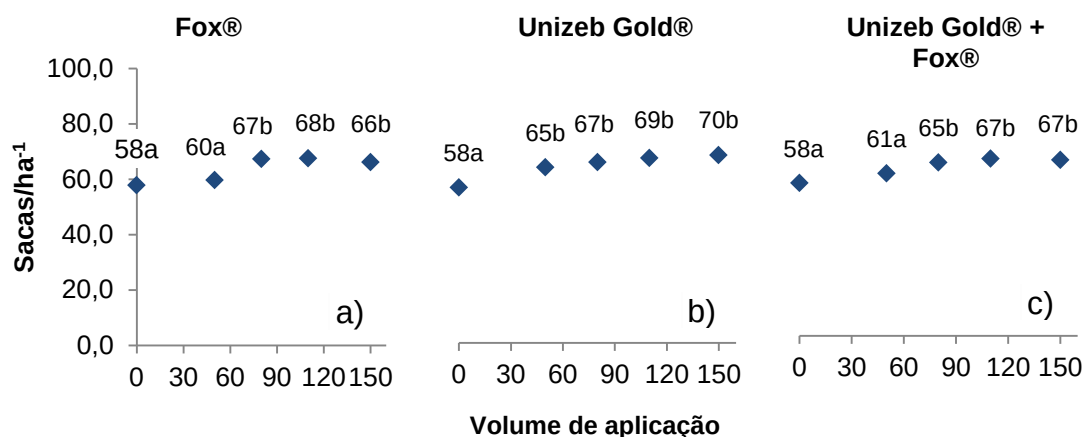


2.3.1.2 Produtividade

A produtividade média observada na safra 2016/2017 segue a mesma tendência observada no progresso da doença, o volume de 50 L ha⁻¹ proporcionou a menor produtividade, exceto com a calda fungicida Unizeb Gold® (Figura 9). No geral, pode-se constatar a possibilidade de utilizar volumes de calda intermediários, pois a produtividade foi semelhante à obtida com volumes maiores de calda.

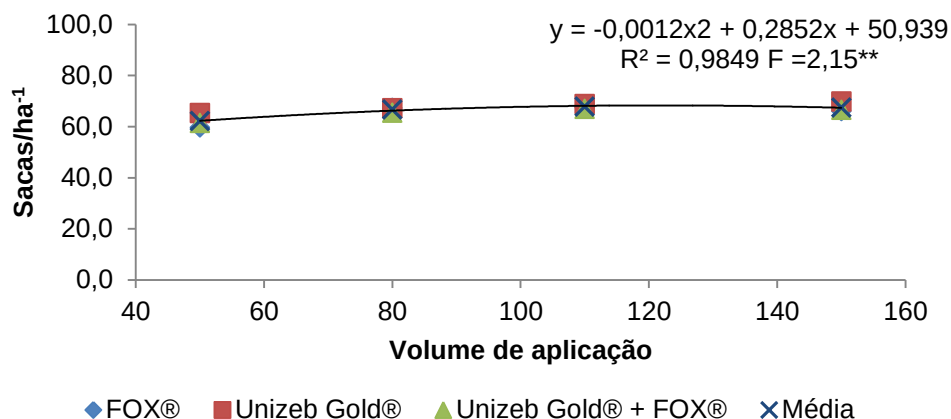
A produtividade de soja tem relação direta com a severidade da doença. Obviamente quando o progresso da doença se inicia mais tarde e/ou em menor intensidade, a redução da produtividade será menor (MENEGHETTI *et al.*, 2010).

Figura 9 - Produtividade média de soja, em sacas por hectare, por volume de aplicação e calda fungicida. Botucatu, SP, 2017.



Não houve interação entre volumes e caldas fungicidas, por esse motivo foi analisado a média de produtividade para cada volume de aplicação ($R^2 = 0,9849$, $F = 2,15^{**}$). É possível notar que a resposta da produtividade ao aumento de volume de aplicação se estabiliza ao redor do volume de 110 L ha⁻¹ (Figura 10).

Figura 10 - Produtividade média de soja, em sacas por hectare, por volume de aplicação, nas respectivas caldas fungicidas. Botucatu, SP, 2017.



2.3.2 Safra 2017/2018

2.3.2.1 Progresso da doença

Na safra 2017/2018, a ferrugem asiática da soja foi detectada entre 70 e 77 dias após a semeadura (DAS). É possível notar rápido progresso da doença, a qual foi constatada em todos os tratamentos após a detecção na primeira semana (Figura 11).

Denota-se que a AACPD dobrou no período de 98 a 105 DAS, em relação ao período de 85 a 98 DAS, ultrapassando os 162 pontos (Figura 11). A evidência é que o período de proteção dos fungicidas não foi suficiente para manter a doença sob controle, indicando que uma aplicação adicional poderia ter sido realizada nesta safra.

Essa intensidade maior de ataque foi percebida pelo consórcio antiferrugem da EMBRAPA, sendo relatadas na safra 2017/2018 643 ocorrências, a maior pressão de inóculo desde a safra 2010/2011 (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2019). No quinto levantamento da safra de grãos da CONAB, em fevereiro de 2018, também foi alertado a relação entre a elevada umidade e a crescente epidemia da ferrugem asiática no estado de São Paulo (CONAB, 2018).

O fungicida Fox® foi capaz de atenuar a intensidade da epidemia, exceto no volume de 50 L ha⁻¹, que ao final da avaliação mostrou o progresso da doença semelhante ao ocorrido na testemunha. É possível notar que até o período de 85 a 98 DAS o progresso da doença foi amenizado pela aplicação do fungicida, mantendo a epidemia em torno de 25 pontos, nos volumes de 110 e 150 L ha⁻¹ (Figura 11A).

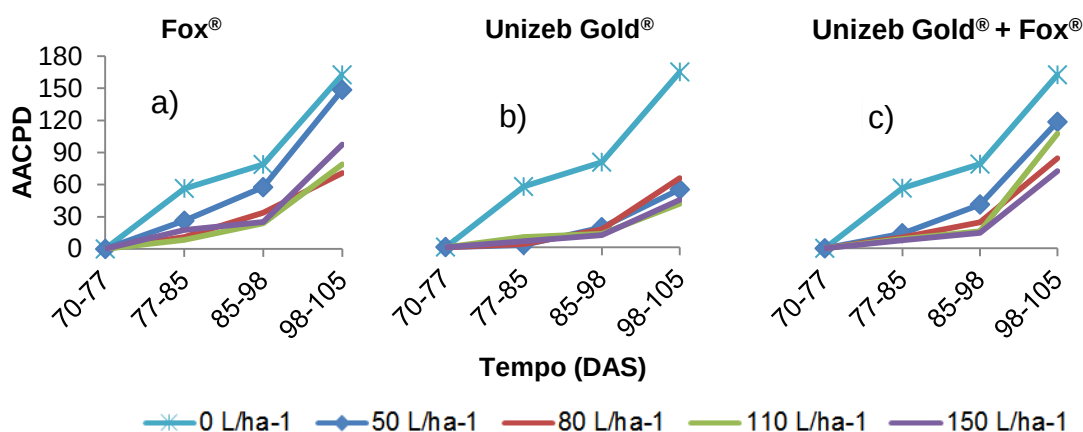
A sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* à composição trifloxistrobina mais protioconazol tem diminuído ao longo do tempo (DUHATSCHEK; SANTOS; FARIA, 2018). A pressão de seleção exercida sobre o fungo *Phakopsora pachyrhizi* pelos fungicidas que atuam em sítios específicos pode levar a seleção de indivíduos resistentes (RUSSELL, 2004; REIS *et al.*, 2015; JULIATTI *et al.*, 2017; DUHATSCHEK; SANTOS; FARIA, 2018). Isso reforça ainda mais a necessidade de adotar medidas mais eficazes para atenuar o progresso da doença FAS.

O fungicida Unizeb Gold[®] foi capaz de atenuar a doença, independente do volume de aplicação. Comparando a AACPD com a obtida nas demais caldas fungicidas é possível inferir que o Unizeb Gold[®] atrasou o progresso da doença (Figura 11B). O fungicida mancozebe é conhecido por atuar em múltiplos sítios de ação sobre o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, essa característica confere menor probabilidade de selecionar indivíduos resistentes, portanto, uma excelente estratégia para atenuar a pressão de seleção exercida pelos fungicidas que atuam em sítios específicos (HOLLOMON, 2015).

A calda fungicida Unizeb Gold[®] mais Fox[®] apresentou AACPD intermediária, especialmente quando analisado o período de 85 aos 98 DAS. Como visto existe evidência que a tenacidade dos fungicidas avaliados foi comprometida no último período (98-105). Considerando a testemunha, do período de 85-98 e 98-105, a AACPD mais que dobrou (Figura 11C).

Todos os tratamentos foram afetados pelo maior progresso da doença, no entanto, a adição de Unizeb Gold[®] à calda foi capaz de reduzir a AACPD. Mesmo após o aumento de 5 vezes na AACPD, o tratamento Unizeb Gold[®] mais Fox[®], 150 L ha⁻¹, ainda apresentou menos da metade da AACPD (72,46) do tratamento testemunha sem aplicação (162,55), no último período de avaliação (Figura 11C).

Figura 11 - Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), em diferentes caldas fungicidas. Média diária, ao longo do tempo, dias após a semeadura (DAS). Botucatu, SP, 2018.

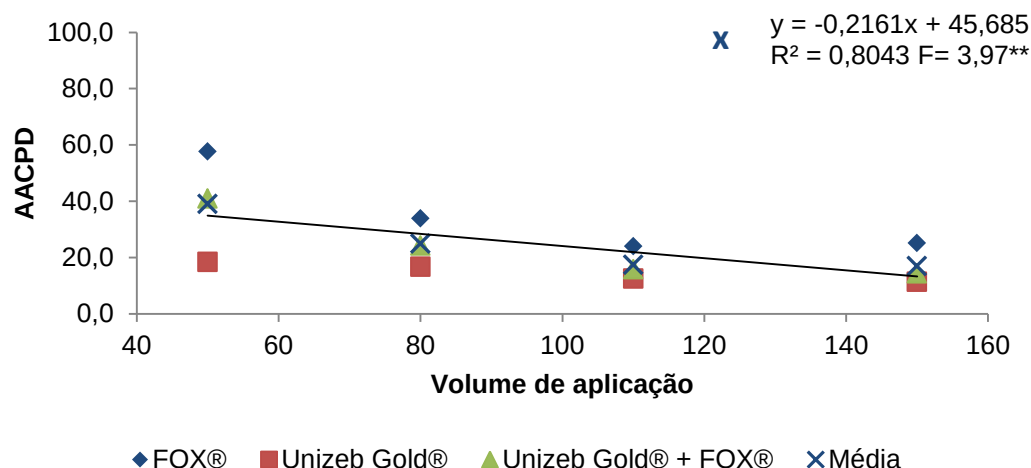


Alves e Juliatti (2018) avaliaram a AACPD sob influencia de diferentes caldas fungicidas no ano agrícola de 2015. Dentre os fungicidas do grupo triazol e estrobilurina a composição trifloxistrobina mais prothioconazol promoveu menor severidade da doença em três aplicações do fungicida, contudo, os autores observaram melhores resultados quando a calda foi associada ao fungicida mancozebe.

Não houve interação dos dados entre fungicidas e volume de aplicação, por esse motivo foi analisado a AACPD média diária dos volumes de calda, no período de 85 aos 98 DAS. É possível observar redução da AACPD quando utilizado volumes maiores de calda, como 150 L ha⁻¹ (Figura 12).

Com base na hipótese que a redução do volume de aplicação fungicida possui relação inversamente proporcional ao progresso da doença (AACPD), é possível inferir que exista uma deposição mínima de calda fungicida sobre o alvo para que seja possível o controle da doença. Diversos autores relacionam volume menor de calda com menor deposição sobre o alvo (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; COSTA *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2015; BRENHA, 2015; PRADO *et al.*, 2015).

Figura 12 - Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), no período de 85 aos 98 dias após a semeadura, em diferentes caldas fungicidas. Botucatu, SP, 2018.



2.3.2.2 Produtividade

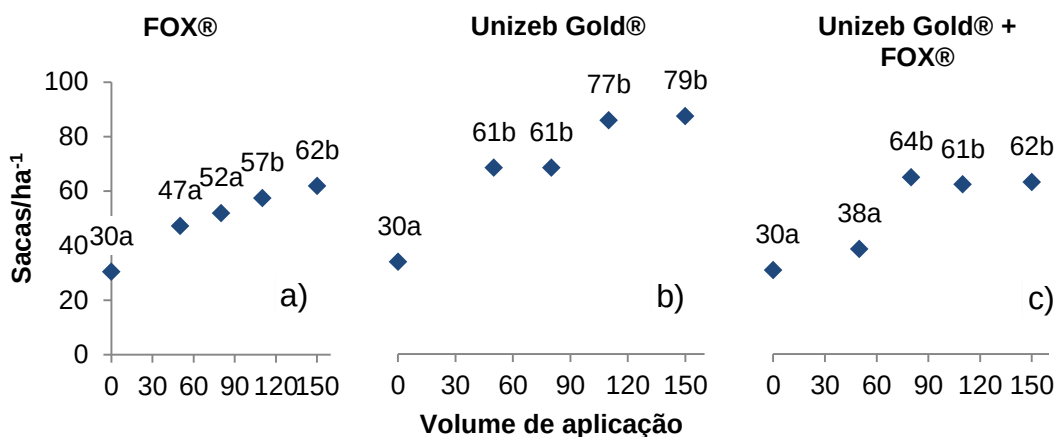
A produtividade de soja obtida na safra 2017/2018 contribui para explicar o impacto de rápida e severa epidemia. É possível notar que a aplicação de fungicida preservou a produção da cultura, contudo, em maior ou menor intensidade. Os dados indicam a existência de relação direta entre os volumes menores de calda e menores produtividades, com exceção da calda contendo o fungicida Unizeb Gold® (Figura 13).

A FAS promove desfolha prematura das plantas, levando a redução da produtividade (SOARES; RUBIN; WIELEWICKI, 2004; ZAMBENEDETTI *et al.*, 2007). Considerando que a aplicação de fungicidas é um dos principais métodos de controle da doença, é essencial realizar uma operação eficiente. Dentre os ajustes a serem considerados em uma pulverização a escolha do volume de aplicação é essencial, o qual tem relação direta com a distribuição do fungicida sobre o alvo (CUNHA *et al.*, 2005; CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; COSTA *et al.*, 2015; PRADO *et al.*, 2015).

Os dados evidenciam que o impacto do volume da calda fungicida sobre a doença tem relação direta com a intensidade da AACPD, indicando que o volume considerado suficiente em uma safra pode não ser em outra, com condições propícias ao fungo (Figura 13). Também é oportuno salientar que, diferentes cultivares de soja foram utilizadas nas respectivas safras. Uma com tipo de crescimento semi-determinado na safra 2016/2017 e outra de tipo indeterminado na safra 2017/2018, bem como as datas de semeadura não foram idênticas. As particularidades de cada safra são inerentes da atividade agrícola, o que exige uma

constante atualização por parte dos agricultores e técnicos, além de inviabilizar recomendações genéricas de manejo.

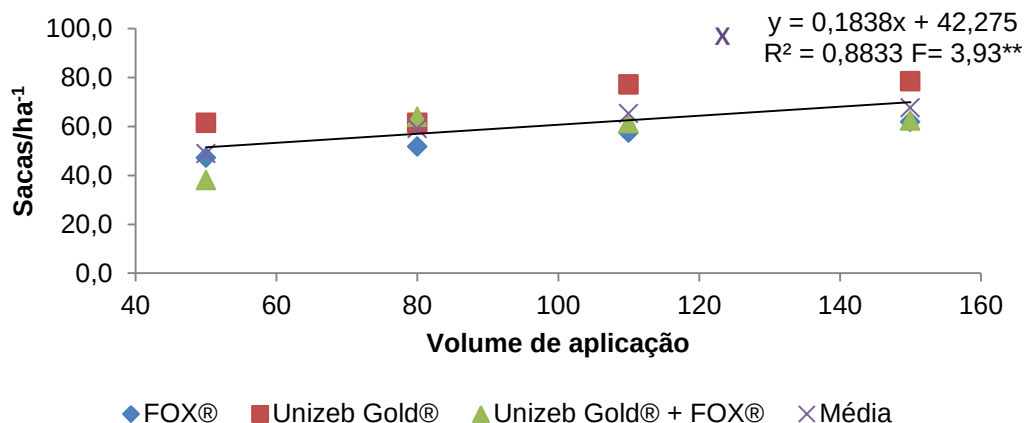
Figura 13 - Produtividade média de soja, em sacas por hectare, por volume de aplicação e calda fungicida. Botucatu, SP, 2018.



Pela análise da produtividade média em cada volume aplicado é evidente a redução na produtividade com a redução do volume de aplicação ($R^2 = 0,8833$; $F = 3,93^{**}$). No geral, os resultados expressam que volumes menores de calda apresentam controle insatisfatório da doença e, conseqüentemente, redução da produtividade. Outra constatação é que o efeito negativo da redução acentuada do volume de aplicação pode ser atenuado ou até extinto caso se reduza o intervalo entre as aplicações (Figura 14).

Além do volume de aplicação, variáveis como a deposição sobre o alvo, número e intervalo entre as aplicações podem determinar o sucesso no controle da FAS e a garantia do potencial de produtividade da cultura (NAVARINI *et al.*, 2007; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2009; MADALOSSO *et al.*, 2010; CHECHETTO *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2015; CUNHA; MARQUES; ALVES, 2016; SANTOS, 2016).

Figura 14 - Produtividade média de soja, em sacas por hectare, por volume de aplicação, nas respectivas caldas fungicidas. Botucatu, SP, 2018.



2.4 CONCLUSÕES

Nas condições de condução dos experimentos nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, conclui-se que:

- Todos os tratamentos fungicidas reduziram a severidade da doença ferrugem asiática na cultura da soja;
- O impacto negativo no controle da doença e sobre a produtividade da cultura é maior com o fungicida trifloxistrobina associado ao protioconazol em volume de 50 L ha⁻¹;
- O efeito do volume de aplicação e da calda fungicida sobre o controle da doença é impactado sobre as condições peculiares da safra agrícola;
- A mistura fungicida trifloxistrobina mais protioconazol e mancozebe promove o melhor controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja, mantendo o intervalo entre as aplicações;
- Apesar das limitações de manejo e econômicas, em intervalos de aplicação menores e quatro aplicações, foi possível o controle da doença ferrugem asiática da soja apenas com o fungicida mancozebe;
- O menor volume de aplicação que proporciona a máxima eficiência de controle e maior produtividade é dependente da severidade da doença;
- A inclusão do mancozebe no manejo se mostra como uma importante e viável ferramenta, como estratégia anti-resistência, especialmente na associação com o fungicida trifloxistrobina mais protioconazol;
- Nas aplicações fungicidas é prudente adotar volumes de calda entre 110 e 150 L ha⁻¹, apesar da possibilidade de controle com volume menor.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA A. M. R. *et al.* Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI H., *et al.* **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. Piracicaba: Ceres, 2005. p. 569 - 588.
- ALMEIDA, D. P. *et al.* Classes de gotas e volumes de aplicação na dessecação de coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 1, p. 73 - 82, 2015.
- ALVES, V. M. **Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- ALVES, V. M.; JULIATTI, F. C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 3, p. 245 - 251, 2018.
- BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 40, DE 11 DE OUTUBRO DE 2018**. Estabelecer regras complementares a emissão da receita agrônoma previsto no Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002, no que tange ao exercício profissional e eficiência agrônoma na aplicação dos agrotóxicos e afins. Brasília, DF, out. 2018. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=15/10/2018&jornal=515&pagina=3>>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- BRENHA, J. A. M. **Influência do volume reduzido e do estágio fenológico da planta de soja no controle da *Anticarsia gemmatilis* (Hübner, 1818)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 532, 1990.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil**. 2019. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- CHECHETTO, R. G. *et al.* Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato Grosso. **MAGISTRA**, v. 26, n. 1, p. 89 - 97, 2014.
- CHECHI, A. **Interações entre área foliar, volumes de calda e doses de fungicidas na persistência e no controle de doenças em soja**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2016.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 5º levantamento**. CONAB: Brasília, 2018. 140p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 9º levantamento**. CONAB: Brasília, 2019 b.113p.

CONAB. **Série Histórica das Safras: soja**. CONAB: Brasília, 2019 a.140p.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. Parceria público-privada no combate à ferrugem asiática da soja. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net/#/main>>. Acesso em: 4 jul. 2019.

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

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239 - 286.

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

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

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

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 aplicação. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1360 - 1366, 2006.

DECARO, R. A. **Espalhamento de gotas de fungicidas em associação com adjuvantes sobre superfícies vegetais e artificiais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018.

DUHATSCHEK, E.; SANTOS, L. A.; FARIA, C. M. D. R. Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 2, p. 193 - 194, 2018.

FEHR, W. R; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

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

FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Alerta sobre o controle da ferrugem-asiática no Brasil**. Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em:

4 jul. 2019 a.

FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Modo de ação de fungicidas.** Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 4 jul. 2019 b.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83 - 92, 2015.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA p. 7, 2014. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 103).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA. p. 6, 2015 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 111).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA. p. 6, 2016 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 119).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA. p. 8, 2017 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA. p. 8, 2018 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 138).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA p. 7. 2015 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 113).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA p. 7. 2016 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 121).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA. p. 8, 2017 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 131).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados**

sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: EMBRAPA. p. 8, 2018 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 144).

HOLLOMON, D.W. Fungicide resistance: Facing the challenge. **Plant Protection Science**, v. 51, n. 4, p. 170 - 176, 2015.

IGARASHI, W. T. *et al.* Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 2, p. 123 - 127, 2014.

JULIATTI, F. C. *et al.* Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* populations to dithiocarbamate, chloronitrile, triazole, strobilurin, and carboxamide fungicides. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, p. 933 - 943, 2017.

LERNER, M. A. **Algoritmo para predição de risco de epidemia de *Phakopsora pachyrhizi* em soja.** 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MADALOSSO, M. G. *et al.* Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2256 - 2261, 2010.

MAPA. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos agropecuários.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 jul. 2019.

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

MENEGHETTI, R. C. *et al.* Evaluation of soybean defense activation against *Phakopsora pachyrhizi* in controlled conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 823 - 829, 2010.

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

ORTIZ, R. B. P. **Multi-site fungicides associated with DMIs and QoIs: a new strategy to control asian soybean rust.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

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.

REIS, E. M. *et al.* In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 21 - 24, 2015.

RUSSELL, P. E. Sensitivity baselines in fungicide resistance research and

management. **FRAC Monograph**, v. 3, p. 56, 2004.

SANTOS, P. S. J. **Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2016.

SILVA JÚNIOR, J. *et al.* Efeito de fungicidas sistêmico e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 705 - 712, 2009.

SILVA, L. H. C. P. *et al.* Control of asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 64 - 67, 2015.

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

STEFANELLO, M. T. **Mancozebe influencia a persistência de fungicidas inibidores da desmetilação e inibidores da quinona oxidase em cultivares de soja**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

WANG, C. J.; LIU, Z. Q. Foliar uptake of pesticides - present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 87, n. 1, p. 1 - 8, 2007.

YORINORI, J. T.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Embrapa Soja - Documentos 247, p. 36. 2004.

ZAMBENEDETTI, E. B. *et al.* Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 178 - 181, 2007.

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE DE SOLUÇÕES FUNGICIDAS EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES: IMPLICAÇÕES DA ADIÇÃO DE MANCOZEBE À MISTURA

RESUMO

A calda no tanque do pulverizador é composta pelo diluente, um ou mais ingrediente ativo e eventualmente um adjuvante. Cada substância acrescida à mistura no tanque pode alterar as características físico-químicas da calda. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a interação entre fungicidas, em diferentes concentrações, na presença e ausência de adjuvante, através da avaliação de propriedades físico-químicas e retenção da calda em condições de laboratório. As caldas fungicidas foram avaliadas em diferentes volumes (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹), com exceção das avaliações de retenção e vazão que consideraram apenas o volume de 50 L ha⁻¹. A associação entre produtos modifica o pH da calda de forma mais acentuada quando comparado ao efeito da concentração sobre essa propriedade; a associação entre produtos pode promover a incompatibilidade da calda com presença de sobrenadante, alteração de cor e até a formação de precipitado e formação de espuma; não foi observado obstrução dos elementos filtrantes nas avaliações.

Palavras-chave: Mistura em tanque. Incompatibilidade. Fungicida multissítio. Propriedade físico-química. Adjuvante.

CHAPTER 3 - STABILITY OF FUNGICIDE SOLUTIONS IN DIFFERENT CONCENTRATIONS: IMPLICATIONS OF ADDING MANCOZEBE ON TANK MIX

ABSTRACT

The solution in tank mixture is composed of the diluent, one or more active ingredient and possibly an adjuvant. Each substance added to the tank mixture can change the physic-chemical characteristics of the spray solutions. Therefore, this work aimed to evaluate the interaction among fungicides, in different concentrations, in the presence and absence of adjuvant, under laboratory conditions. The following properties were evaluated: pH, stability and retention on paper filter of 26 fungicidal solutions and flow and mass retained in the mesh of the filter element of 8 fungicidal solutions. Fungicides were evaluated at different volumes (50, 80, 110 and 150 L ha⁻¹), except for retention and flow evaluations that considered only low volume (50 L ha⁻¹). The association among products modifies the pH of fungicide solutions more sharply when compared to the effect of concentration on this property; the association among products may promote the incompatibility of the spray solution with the presence of supernatant, color change and even precipitate and foam formation; no obstruction of the filtering elements was observed in the evaluations.

Keywords: Tank mixture. Incompatibility. Fungicide multi-site. Physic-chemical property. Adjuvant.

3.1 INTRODUÇÃO

As características físico-químicas da calda dependem da sua composição. Dentre elas, o potencial hidrogeniônico (pH) é fonte de estudo em diversos trabalhos (FARIAS *et al.*, 2014), podendo reduzir a meia vida do ingrediente ativo ou até mesmo provocar a perda da molécula por hidrólise, quando alcalino (superior a sete). A análise é baseada na dinâmica do pH ao longo do tempo ou em relação as misturas de produtos fitossanitários na calda (PEREIRA *et al.*, 2016; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017).

A calda no tanque do pulverizador é composta pelo diluente, produtos fitossanitários e eventualmente um ou mais adjuvante. Cada substância acrescida à mistura no tanque pode alterar as características físico-químicas da calda. Por esse motivo é desejável conhecer o efeito da adição do adjuvante à calda (CUNHA; ALVES, 2009; BATISTA, 2011; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017).

A associação de um adjuvante à calda fungicida normalmente está recomendada na própria bula do produto fitossanitário (MAPA, 2019). Contudo, além da adição do adjuvante é usual o produtor rural promover associações entre produtos fitossanitários no tanque do pulverizador, como por exemplo, os fungicidas, visando ampliar o espectro de ação e reduzir custos (GAZZIERO, 2015).

Outra variável na pulverização é a escolha do volume de aplicação. O volume de diluente pode impactar a deposição do produto fitossanitário sobre o alvo, bem como aumentar a concentração da calda, predispondo a ocorrência de incompatibilidade na calda.

Especificamente no caso das aplicações fungicidas na cultura da soja tem-se adotado fungicidas protetores no manejo, como estratégia anti-resistência (GODOY, *et al.* 2015, 2016, 2017, 2018a, 2018b; SILVA *et al.*, 2015; FRAC, 2019). No entanto faltam informações quanto à interação dos produtos fitossanitários, bem como o impacto da concentração das caldas no tanque.

Estudar as interações entre produtos fitossanitários pode elucidar situações com ocorrência da incompatibilidade entre os componentes da mistura. Alterações no pH da calda podem indicar interações químicas entre as substâncias após a mistura ou mesmo ao longo do tempo. Outra forma de estudar as interações entre produtos é observar a estabilidade da calda, para isso é possível avaliar a uniformidade da

calda, presença de espuma, presença de sobrenadante, alteração de cor e presença de precipitado.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a interação entre fungicidas, em diferentes concentrações, na presença e ausência de adjuvante, através das propriedades físico-químicas: pH, estabilidade e retenção da calda, incompatibilidade, formação de espuma, alteração de cor, vazão e obstrução de elementos filtrantes sob condições de laboratório.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Instalação e delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu. Todas as avaliações foram realizadas em ambiente com controle de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$).

Para as avaliações do pH, estabilidade de calda e retenção em filtro de papel, foram preparadas 26 soluções em três momentos distintos, em razão da disponibilidade de material e tempo. Por isso, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, sendo 26 soluções e três repetições.

Para as avaliações de vazão e massa retida na malha de elementos filtrantes foram preparadas oito soluções e três repetições cada. Nesse caso, as avaliações foram realizadas apenas nas soluções de maior concentração, simulando o volume de aplicação de 50 L ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste t a 5% de probabilidade) e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR[®], versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

3.2.2 Tratamentos

Os produtos fitossanitários escolhidos para análise foram trifloxistrobina mais prothioconazol (Fox[®]), mancozebe (Unizeb Gold[®]) e o éster metílico de óleo de soja (Aureo[®]). Os tratamentos foram compostos de três caldas fungicidas (Unizeb Gold[®], Fox[®] e Unizeb Gold[®] mais Fox[®]), na presença e ausência do adjuvante (Aureo[®]), em

diferentes concentrações para simular os quatro volumes de calda (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹), conforme especificações na Tabela 1, que somados ao tratamento água destilada e somente o adjuvante em água, totalizaram 26 tratamentos.

Tabela 1 - Produtos e doses utilizados nas avaliações das caldas fungicidas

Produto comercial*	Ingrediente ativo	Concentração	Dose
Fox [®]	trifloxistrobina + protioconazol	150 g L ⁻¹ + 175 g L ⁻¹	0,4 L ha ⁻¹
Unizeb Gold [®]	mancozebe	750 g kg ⁻¹	3,0 kgha ⁻¹
Aureo [®]	éster metílico de óleo de soja	720 g L ⁻¹	0,25 %

* Os fungicidas foram avaliados em diferentes concentrações, simulando os volumes de aplicação de 50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹. Por outro lado, o adjuvante sempre foi avaliado na mesma concentração, em razão da sua recomendação em bula.

As caldas foram preparadas com água destilada, em erlenmeyers de capacidade de 250 mL, de modo a simular a concentração de cada componente nos diferentes volumes de aplicação. Nos tratamentos em que houve a mistura de produtos comerciais, a sequência de adição dos produtos foi Unizeb Gold[®], Fox[®] e Aureo[®].

3.2.3 Avaliação do pH

Após a adição dos componentes nos respectivos recipientes (250 mL) e o volume completado com água destilada, os tratamentos foram agitados até a completa homogeneização. As medições foram realizadas no momento do preparo (0 minuto) e aos 30, 60, 120, 180 e 240 minutos após o preparo das caldas. Após a leitura o recipiente foi tampado com filme plástico até a avaliação seguinte (Figura 1A).

Para as avaliações foi utilizado um medidor de pH de bancada, marca Digimed[®], modelo DM20 (Figura 1B). Depois de ligado e estabilizado, o aparelho foi calibrado com o uso de duas soluções tampão, uma com pH 4 e outra com pH 7. Após a calibração, o aparelho permaneceu ligado até a finalização do experimento. Antes da leitura de cada amostra o eletrodo foi limpo em água destilada e seco com papel toalha. O pH da calda foi anotado após a estabilização da leitura, indicada por sinal sonoro do aparelho.

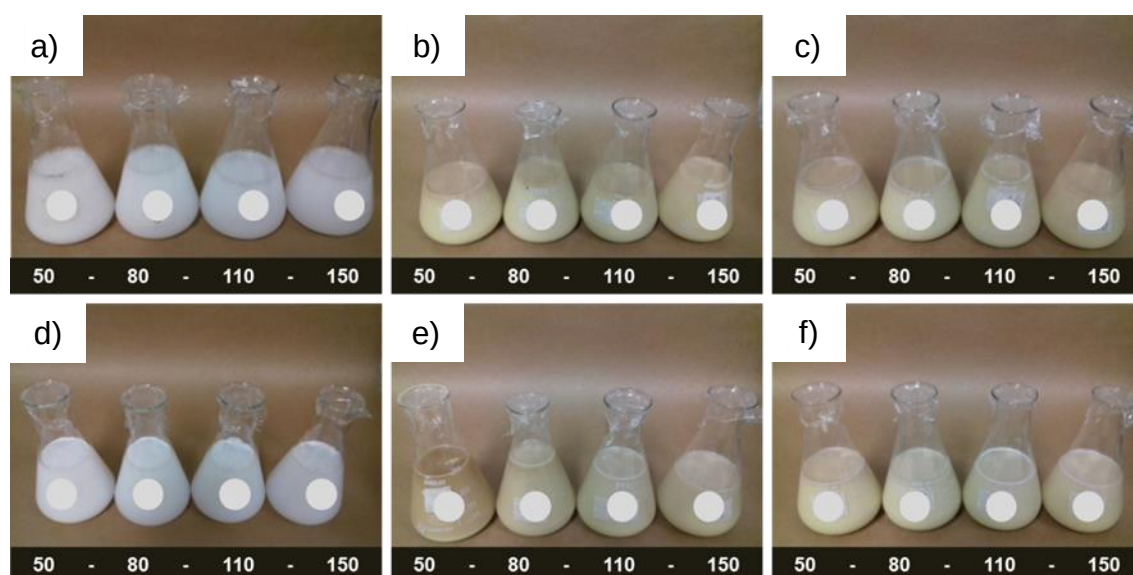
Figura 1 - Caldas fungicidas após o preparo (a); Avaliação do pH das caldas fungicidas em medidor de bancada (b)



3.2.4 Avaliação da estabilidade de calda

Seguindo o mesmo padrão da avaliação de pH, fez-se a avaliação da estabilidade das 26 caldas fungicidas ao longo do tempo (Figura 2). As observações foram realizadas no momento do preparo (0 minuto) e aos 15, 30, 60, 90 minutos após o preparo das caldas. As avaliações foram adaptadas com base na norma ABNT NBR 13875 (2014), segundo a descrição da técnica estática.

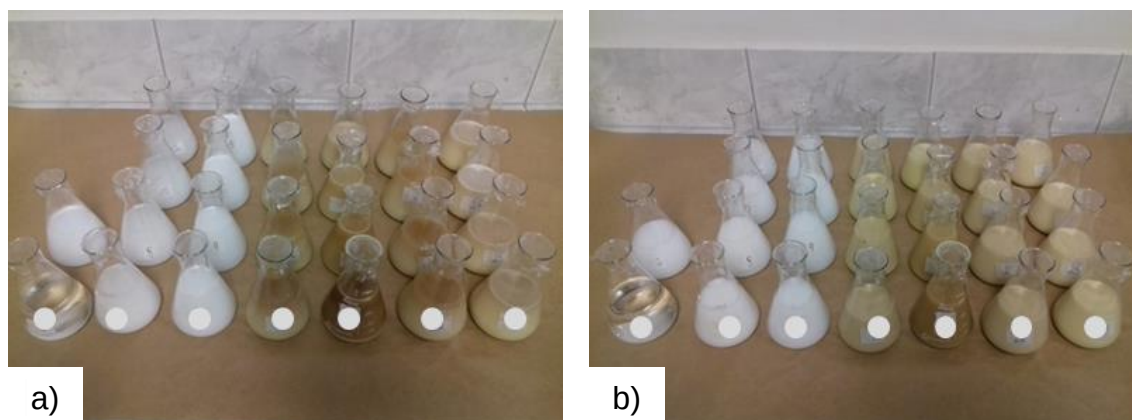
Figura 2 - Soluções agrupadas em ordem crescente do volume de aplicação*:
 (a) Fox[®]; (b) Unizeb Gold[®]; (c) Fox[®] + Unizeb Gold[®]; (d) Fox[®] + Aureo[®]; (e) Unizeb Gold[®] + Aureo[®]; (f) Fox[®] + Unizeb Gold[®] + Aureo[®]



* Volumes de aplicação de 50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹.

Por fim, 12 horas após o preparo das soluções foi avaliada a estabilidade da calda em repouso (Figura 3A) e também imediatamente após a agitação das caldas fungicidas por 5 segundos (Figura 3B). A agitação foi realizada de forma manual, em ciclos de 360°, segurando a extremidade do erlenmeyers, por 5 segundos.

Figura 3 - Caldas em avaliação: 12 horas após o preparo. Antes da agitação (a); após a agitação (b)



Foram elaborados e analisados cinco parâmetros quanto à estabilidade da calda, são eles a uniformidade, espuma, sobrenadante, cor e precipitado. Os critérios elaborados para cada parâmetro são:

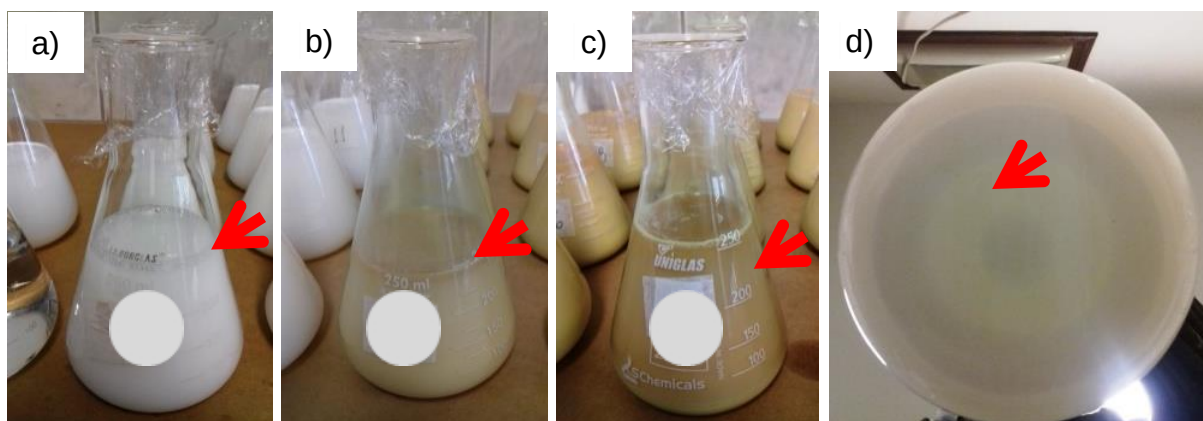
- 1) Uniformidade, a calda pode ser classificada como homogênea (HO) ou heterogênea (HE). A calda é homogênea na ausência de precipitado, sobrenadante e alteração de cor. Contudo, pode apresentar a presença de espuma.
- 2) Espuma, a calda pode ser classificada como ausente de espuma (Não) ou espuma presente, que para este trabalho foi encontrada espuma de coloração branca (EB) ou transparente (ET). Não foi avaliada a intensidade de espuma, apenas a presença. Entende-se como espuma a formação de bolhas com ar sobre a superfície da calda (Figura 4 A).
- 3) Sobrenadante, a calda pode ser classificada como ausente de sobrenadante (Não) ou sobrenadante presente, que para este trabalho foi encontrado sobrenadante de aspecto branco (SB) ou oleoso (SO). Entende-se como sobrenadante o acúmulo de substância que se destaca na superfície da calda, caracterizando uma calda bifásica. Contudo, não se considera a espuma como sobrenadante (Figura 4B).

4) Cor, a calda pode apresentar mudança na coloração (Sim) ou nenhuma alteração (Não). A referência sempre é a cor observada imediatamente após o preparo da calda, tempo 0 (Figura 4C).

5) Precipitado, a calda pode apresentar precipitado (Sim) ou ausência de precipitado (Não). Entende-se como precipitado a presença de partículas sólidas no fundo do recipiente (corpo de fundo). Não foi avaliada a intensidade de precipitado no recipiente, apenas a presença ou ausência (Figura 4D).

Os parâmetros de avaliação da estabilidade das caldas fungicidas que caracterizam exemplos de instabilidade na calda são apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Critérios para avaliações de estabilidade da calda: Presença de espuma (a); Presença de sobrenadante (b); Alteração de cor (c); Presença de precipitado (d)



3.2.5 Avaliação da vazão no tempo de 1 minuto

Três caldas fungicidas foram preparadas (Unizeb Gold[®], Fox[®] e Unizeb Gold[®] mais Fox[®]), na presença e ausência do adjuvante (Aureo[®]), além da água e do adjuvante em água, totalizando 8 tratamentos. Nesse experimento foi considerada apenas a maior concentração, simulando o volume de aplicação de 50 L ha⁻¹.

Para realizar a pulverização foi utilizado um pulverizador costal elétrico da marca comercial CMS[®], modelo AGR 18-E, capacidade de 18 litros. Para garantir a mesma pressão de trabalho foi adaptado um manômetro na lança do pulverizador. A ponta escolhida foi da marca TeeJet[®], modelo XR 110015, provida de elemento filtrante com malha 100, na pressão de trabalho de 140 kPa e vazão nominal de 0,42 L min⁻¹.

Foram preparados recipientes com dois litros de cada calda fungicida. De modo que cada repetição foi representada pela coleta da pulverização do respectivo

tratamento pelo tempo de 1 minuto, por 3 vezes seguidas. Após cada minuto de pulverização a calda coletada foi encaminhada para a balança digital da marca comercial Toledo®, de 0,002 kg de precisão, aferindo assim a massa da amostra. A massa do recipiente foi previamente descontada.

3.2.6 Avaliação da massa retida na malha após a pulverização

Novamente foram preparadas as três caldas fungicidas (Unizeb Gold®, Fox® e Unizeb Gold® mais Fox®), na presença e ausência do adjuvante (Aureo®), além da água e do adjuvante em água, totalizando 8 tratamentos. Assim como no experimento anterior foi considerada apenas a maior concentração, simulando o volume de aplicação de 50 L ha⁻¹.

Para realizar a pulverização foi utilizado o mesmo pulverizador costal elétrico, provido de manômetro. A ponta escolhida foi da marca TeeJet®, modelo XR 11001, provida de elemento filtrante com malha 100 mesh, na pressão de trabalho de 100 kPa e vazão nominal de 0,23 L min⁻¹. Esta ponta foi escolhida em função da baixa vazão e conseqüentemente menor tamanho de orifício, portanto, uma condição mais propensa ao entupimento.

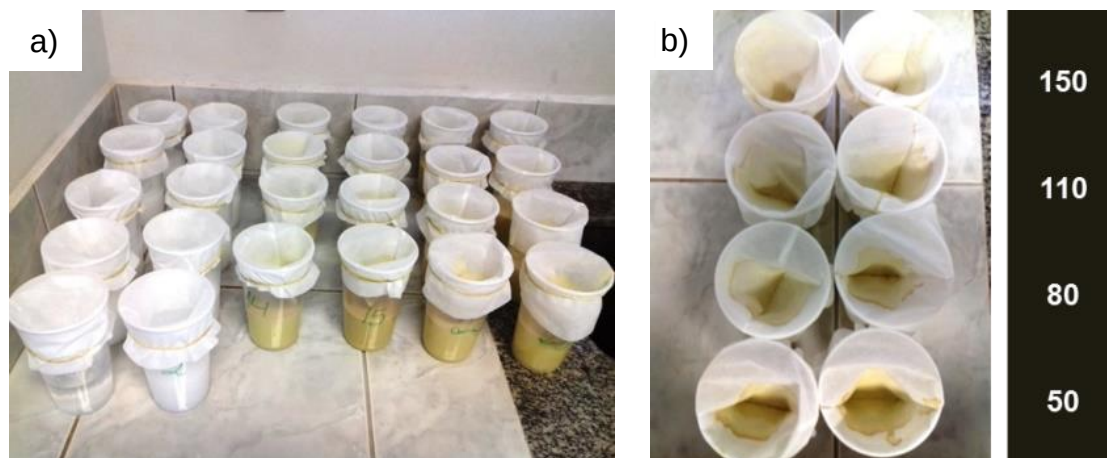
Quatro unidades do elemento filtrante de 100 mesh (malha) foram selecionadas, as quais foram individualmente pesadas antes da pulverização, de modo a representar cada repetição (n=4). Cada tratamento, previamente preparado em recipiente de 2,0 L foi pulverizado até o final, assim, cada recipiente representou uma repetição (n=4).

Após a pulverização de cada repetição, a malha do elemento filtrante do bico de pulverização foi retirada e pesada na balança da marca Marte®, modelo AY220, de 0,001 g de precisão. Após cada tratamento o equipamento, malhas e pontas foram lavados e secos para posterior avaliação.

3.2.7 Avaliação na massa retida no filtro de papel

Após a última repetição da avaliação de estabilidade da calda, 12 horas após o preparo, as mesmas foram agitadas e conduzidas em conjunto de filtro de papel-copo. Posteriormente os filtros de papel foram secos e submetidos à pesagem individual, de modo a caracterizar qualquer retenção (Figura 5).

Figura 5 - Filtragem dos tratamentos, 12 horas após o preparo: vista geral dos tratamentos (a); Aspecto dos filtros após a passagem da calda, simulando os diferentes volumes* (b)



*Volumes de aplicação de 50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Análise do PH

Houve diferença significativa entre as caldas e quanto à presença do adjuvante, imediatamente após o preparo da calda (0,00**) (Tabela 2). O potencial hidrogeniônico (pH) é determinado pela concentração de íons H⁺ e OH⁻ presentes na calda, de modo que a associação de substâncias pode alterar o seu valor. A presença do adjuvante na calda pode promover modificações químicas. Tais modificações não necessariamente significam maior ou menor eficácia biológica do ingrediente ativo, contudo existem faixas ideais de pH para diferentes grupos químicos ou substâncias (HIRATA; SKORTZARU; NARCISO, 2003; CUNHA; ALVES, 2009; PETTER *et al.*, 2013; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017; VECHIA *et al.*, 2019).

A análise de variância indica haver interação entre a calda fungicida e a presença de adjuvante (0,00**) (Tabela 2). No geral, a aplicação do fungicida já é realizada com a adição do adjuvante à calda, contudo, é cada vez mais usual a associação de mais de um fungicida ao tanque do pulverizador. A interação benéfica entre adjuvantes e fungicidas já foi avaliada em outros trabalhos de pesquisa e, no geral, os resultados evidenciam menor progresso da doença, especialmente na presença do adjuvante na calda fungicida (CUNHA; PERES, 2010; AGUIAR JÚNIOR

et al., 2011; NASCIMENTO *et al.*, 2012, 2018; PRADO *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2019). A mistura de fungicidas em tanque de aplicação, inclusive de marcas comerciais distintas, pode proporcionar interações desconhecidas entre as substâncias. No caso específico desse experimento, nota-se que o adjuvante Aureo[®] é indicado no uso do fungicida Fox[®], em contrapartida, não existe recomendação oficial da associação com Unizeb Gold[®], por ambos os fabricantes.

Outra interação observada na análise de variância é entre as caldas fungicidas e o volume de aplicação (0,00**) (Tabela 2). Reduzir o volume de aplicação é uma das maneiras de incrementar a capacidade operacional dos pulverizadores (RAMOS *et al.*, 2013). Porém, menor volume de aplicação implica em maior concentração da calda no tanque do pulverizador. Os resultados elucidam que a calda também pode ser influenciada pela concentração das substâncias que ali estão presentes.

Não houve diferença significativa do pH quando avaliado o volume de aplicação isoladamente (ns) (Tabela 2). A tendência é que o aumento da concentração da substância na calda acentue o comportamento em relação ao valor do pH (RAMOS *et al.*, 2013), mas esse efeito não foi significativo. Desse modo, pode-se inferir que a associação entre os fungicidas impacta mais a característica do pH do que a variação da concentração de uma substância na calda.

Tabela 2 - Análise de variância para valores de pH ao longo do tempo

Variáveis / Avaliações	0 min.	30 min.	60 min.	120 min.	180 min.	240 min.
Bloco	ns	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,01**
Fungicidas	0,0**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Adjuvante	0,0**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Volume de aplicação	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fungicidas x Adjuvante	0,0**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Fungicidas x Volume de aplicação	ns	ns	0,02**	0,04**	0,03**	0,02**
Adjuvante x Volume de aplicação	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fungicidas x Adjuvante x Volume de aplicação	ns	ns	0,03**	ns	ns	ns
CV (%)	3,49	2,03	1,35	1,77	1,66	1,76

¹ min. = tempo após o preparo da calda; ² ns = não significativo; ** = significativo

Também é possível destacar o efeito significativo dos blocos sobre o pH das soluções (0,00**) (Tabela 2). As repetições do experimento foram realizadas em momentos distintos. Apesar das precauções para minimizar o impacto do ambiente nas avaliações, é possível que cada avaliação tenha representado valores de pH inerentes aquele momento (especialmente em razão da temperatura). Apesar disso,

houve cuidado de manter as mesmas condições nas avaliações de todos os tratamentos e repetições. Na prática o produto fitossanitário está exposto as mais diversas condições de temperatura (CUNHA; ALVES; REIS, 2010; RODRIGUES, 2018).

A análise dos desdobramentos entre as variáveis, caldas fungicidas e adjuvante, indicam que a presença do adjuvante Aureo[®] é capaz de reduzir o pH da calda que contenha o fungicida Fox[®]. Esses efeitos são observados ao longo do tempo em todas as avaliações (Tabela 3). A acidez é intensificada na associação do fungicida Fox[®] e do adjuvante Aureo[®] na calda, porém em presença do fungicida Unizeb Gold[®] o pH da calda tende a aumentar.

A formulação do fungicida Unizeb Gold[®] apresenta efeito tampão, no qual mantém a calda em pH próximo ao inicial mesmo após a adição do adjuvante. Em contrapartida, quando associado os três produtos fitossanitários o pH da calda diminui (Tabela 3). O pH da calda pode refletir sobre a eficácia do produto fitossanitário (HIRATA; SKORTZARU; NARCISO, 2003; PETTER *et al.*, 2013), mas esse efeito nem sempre é constatado nas pesquisas (PRADO *et al.*, 2011).

A interação entre fungicida e volumes de aplicação indica que o efeito da concentração da calda somente é observado a partir de algum tempo após o preparo da calda. Após 60 minutos do preparo da calda, nota-se significativa diferença entre os valores de pH, de modo que em escala crescente, a calda com Fox[®] exibe o menor valor de pH, seguida por valores intermediários da mistura Fox[®] mais Unizeb Gold[®] e pelos maiores valores de pH proporcionados pela calda fungicida contendo somente Unizeb Gold[®] (Tabela 4).

Interessante destacar que o aumento do volume de aplicação do fungicida Fox[®] promoveu em média redução do pH, provavelmente em função da presença do adjuvante Aureo[®]. É comum a recomendação em bula do adjuvante por concentração, isso significa que em volumes maiores, a influência do adjuvante sobre o pH da calda será menor.

Com estreito portfólio de caldas utilizado no experimento, é possível destacar o amplo espectro de interações que podem ocorrer a campo. Apesar de provado que o pH da calda pode impactar na eficácia biológica do produto fitossanitário (JACKSON; WHIPPS; LYNCH, 1991; RAM *et al.*, 2004; KELLERMAN *et al.*, 2016), a

produção científica está longe de elucidar todos efeitos e interações que a calda fungicida está exposta a partir do preparo.

Tabela 3 - Análise dos valores médios de pH, provenientes da interação entre caldas fungicidas e adjuvante (sem e com)

Valores de referência	0 min		30 min		60 min		120 min		180 min		240 min	
Água	5,29		5,64		5,58		5,41		5,42		5,38	
Aureo [®]	4,67		4,64		4,68		4,99		4,66		4,67	
Soluções fungicidas / Presença de adjuvante	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Fox [®]	5,67aB ¹	4,68aA	5,58aB	4,56aA	5,44aB	4,52aA	5,35aB	4,44aA	5,40aB	4,46aA	5,36aB	4,43AA
Unizeb Gold [®]	6,66bA	6,72cA	6,63bA	6,69cA	6,61bA	6,67cA	6,62bA	6,67cA	6,60bA	6,65cA	6,59bA	6,65CA
Fox [®] + Unizeb Gold [®]	6,60bB	5,39bA	6,63bB	5,32bA	6,62bB	5,38bA	6,62bB	5,52bA	6,61bB	5,61bA	6,60bB	5,68BA
P valor	0,0**		0,0**		0,0*		0,0**		0,0**		0,0**	
CV (%)	3,49		2,03		1,35		1,77		1,66		1,76	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4- Análise dos valores médios de pH, provenientes da interação entre caldas fungicidas e volume de aplicação

Valores de referência	0 min.	30 min.	60 min.			120 min.			180 min.			240 min.		
Água	5,29	5,64	5,58			5,41			5,42			5,38		
Aureo [®]	4,67	4,64	4,68			4,99			4,66			4,67		
Volume / Soluções fungicidas	--- ¹	---	(A) ²	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
50 litros/ha	5,92	5,89	5,06bA ³	6,61aC	5,97aB	4,99bA	6,61aC	6,02aB	5,01aA	6,59aC	6,05aB	5,00bA	6,60aC	6,07aB
80 litros/ha	5,93	5,90	5,00abA	6,64aC	5,98aB	4,90abA	6,65aC	6,04aB	4,94aA	6,63aC	6,07abB	4,89abA	6,60aC	6,09abB
110 litros/ha	5,99	5,90	4,96abA	6,65aC	6,01aB	4,87abA	6,66aC	6,08aB	4,90aA	6,64aC	6,12abB	4,86abA	6,63aC	6,16abB
150 litros/ha	5,98	5,91	4,91aA	6,66aC	6,06aB	4,81aA	6,67aC	6,13aB	4,87aA	6,65aC	6,20bB	4,83aA	6,64aC	6,24bB
P valor	0,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,019**			0,042**			0,026**			0,017**		
CV (%)	3,49	2,03	1,35			1,77			1,66			1,76		

¹Média das soluções fungicidas

² (A) Fox[®]; (B) Unizeb Gold[®]; (C) Fox[®] + Unizeb Gold[®]

³Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.3.2 Análise da estabilidade de calda

3.3.2.1 Homogeneidade da calda

A avaliação ao longo do tempo indica que, mesmo após a agitação, algumas caldas não voltaram ao estado inicial de homogeneidade. Essencialmente, a calda deixa de ser homogênea na presença do fungicida mancozebe (Unizeb Gold®) em mistura (Quadro 1).

Quadro 1 - Avaliação da uniformidade da calda fungicida ao longo do tempo

	Tratamentos	Volume de aplicação	0 min ¹	15, 30, 60 e 90 min	12h: ³ antes da agitação	12h: depois da agitação
1	Água destilada	-	HO ²	HO	HO	HO
2	Aureo®	50	HO	HO	HO	HO
3	Fox®	50	HO	HO	HO	HO
4	Fox®*	50	HO	HO	HO	HO
5	Fox®	80	HO	HO	HO	HO
6	Fox®*	80	HO	HO	HO	HO
7	Fox®	110	HO	HO	HO	HO
8	Fox®*	110	HO	HO	HO	HO
9	Fox®	150	HO	HO	HO	HO
10	Fox®*	150	HO	HO	HO	HO
11	Unizeb Gold®	50	HO	HE	HE	HE
12	Unizeb Gold® *	50	HO	HE	HE	HE
13	Unizeb Gold®	80	HO	HE	HE	HE
14	Unizeb Gold®*	80	HO	HE	HE	HE
15	Unizeb Gold®	110	HO	HE	HE	HE
16	Unizeb Gold®*	110	HO	HE	HE	HE
17	Unizeb Gold®	150	HO	HE	HE	HE
18	Unizeb Gold®*	150	HO	HE	HE	HE
19	Fox®+ Unizeb Gold®	50	HO	HE	HE	HE
20	Fox®+ Unizeb Gold®*	50	HO	HE	HE	HE
21	Fox®+ Unizeb Gold®	80	HO	HE	HE	HE
22	Fox®+ Unizeb Gold®*	80	HO	HE	HE	HE
23	Fox®+ Unizeb Gold®	110	HO	HE	HE	HE
24	Fox®+ Unizeb Gold®*	110	HO	HE	HE	HE
25	Fox®+ Unizeb Gold®	150	HO	HE	HE	HE
26	Fox®+ Unizeb Gold®*	150	HO	HE	HE	HE

* Adição do adjuvante Aureo® na calda.

¹Min e h= Tempo em minutos e horas após o preparo da calda.

² HO = Calda homogênea; HE = Calda heterogênea: presença de precipitado, sobrenadante ou alteração de cor

³A avaliação de 12 horas após o preparo da calda foi realizada antes e depois da agitação por 10 ciclos

É possível destacar algumas características das caldas avaliadas no experimento. A formulação do fungicida Unizeb Gold®, WG - granulado dispersível em água, é considerada moderna (HAZRA, 2015), contudo, em dose elevada pode impactar a qualidade da mistura. O fungicida Unizeb Gold® possui uma dose 7,5

vezes maior que o fungicida Fox[®]. Uma mistura heterogênea exige agitação constante, além de que a adição de algum adjuvante desconhecido pode agravar a heterogeneidade da calda e consequente distribuição (ALVARENGA; CUNHA, 2010).

Além de reduzir o volume de aplicação outra técnica utilizada pelo agricultor para reduzir os custos de produção é associar diferentes produtos em um mesmo tanque de aplicação (RAMOS *et al.*, 2013). Apesar da possibilidade legal de associar as substâncias químicas no mesmo tanque de pulverização, ainda pouco se conhece sobre as interações entre elas. Recentemente, a Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018 regulamentou a etapa de mistura em tanque de produtos fitossanitários no país, com atribuição de toda a responsabilidade ao engenheiro agrônomo (BRASIL, 2018).

Apesar da existência de uma norma nacional que se propõe avaliar a compatibilidade físico-química de agrotóxicos (ABNT NBR 13875), é necessário que existam alguns ajustes, de modo que o avaliador possa replicar a realidade em que as aplicações são realizadas. Algumas das desvantagens da norma existente são utilizar água padrão, considerar longos prazos entre cada avaliação e ainda aguardar 10 minutos, após a agitação, para avaliar. O método adaptado apresentado neste trabalho certamente irá contribuir para adequação e atualização da norma existente.

3.3.2.2 A formação de espuma

A formação de espuma só foi observada a partir da segunda avaliação, 15 minutos após o preparo da calda. A calda contendo somente o fungicida Fox[®] promoveu a formação de espuma de coloração transparente (ET), enquanto a adição do adjuvante Aureo[®] promoveu a formação de espuma de coloração branca (EB). A calda contendo somente o fungicida Unizeb Gold[®] não promove a formação de espuma (Quadro 2).

A formação de espuma ocorre devido à redução da tensão superficial da água. Essa característica, associada à agitação da calda, introduz o ar na calda por emulsão formando bolhas de ar. Dessa forma, as substâncias presentes na calda podem incrementar ou reduzir a formação de espuma (CUNHA; ALVES, 2009). É comum a adição de surfatantes junto aos produtos fitossanitários no tanque de

pulverização, portanto, explicando a formação de espuma (BAIO; GABRIEL; CAMOLESE, 2015; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017; LOPES, 2018).

A presença da espuma branca na calda com FOX[®] pode estar relacionada a algum agente emulsificante na formulação. Por fim, a ausência de formação da espuma na calda contendo o fungicida Unizeb Gold[®] pode indicar a presença de um anti-espumante na formulação ou mesmo a ausência de um tensoativo.

A formação de espuma pode causar transbordo da calda no tanque, dificuldade na visualização da capacidade de armazenamento, ocupa espaço no tanque, bem como resulta em aplicações de sub-dose. Apesar de não avaliada a intensidade, a formação de espuma é nitidamente influenciada pela composição da calda (CUNHA; ALVES; REIS, 2010).

Quadro 2 - Avaliação da presença de espuma na calda ao longo do tempo

	Tratamentos	Volume de aplicação	0 min	15, 30, 60 e 90 min	12h: ³ antes da agitação	12h: depois da agitação
1	Água destilada	-	Não ¹	Não	Não	Não
2	Aureo [®]	50	Não	EB	EB	Não
3	Fox [®]	50	Não	ET	ET	ET
4	Fox [®] *	50	Não	EB	EB	EB
5	Fox [®]	80	Não	ET	ET	ET
6	Fox [®] *	80	Não	EB	EB	EB
7	Fox [®]	110	Não	ET	ET	ET
8	Fox [®] *	110	Não	EB	EB	EB
9	Fox [®]	150	Não	ET	ET	ET
10	Fox [®] *	150	Não	EB	EB	EB
11	Unizeb Gold [®]	50	Não	Não	Não	Não
12	Unizeb Gold [®] *	50	Não	EB	EB	Não
13	Unizeb Gold [®]	80	Não	Não	Não	Não
14	Unizeb Gold [®] *	80	Não	EB	EB	Não
15	Unizeb Gold [®]	110	Não	Não	Não	Não
16	Unizeb Gold [®] *	110	Não	EB	EB	Não
17	Unizeb Gold [®]	150	Não	Não	Não	Não
18	Unizeb Gold [®] *	150	Não	EB	EB	Não
19	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	50	Não	EB	EB	Não
20	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	50	Não	EB	EB	Não
21	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	80	Não	EB	EB	Não
22	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	80	Não	EB	EB	Não
23	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	110	Não	EB	EB	Não
24	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	110	Não	EB	EB	Não
25	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	150	Não	EB	EB	Não
26	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	150	Não	EB	EB	Não

* Adição do adjuvante Aureo[®] na calda.

¹ Min e h= Tempo em minutos e horas após o preparo da calda.

² Não = ausência de formação de espuma; EB = Espuma branca; Espuma transparente

³ A avaliação de 12 horas após o preparo da calda foi realizada antes e depois da agitação por 10 ciclos.

3.3.2.3 Formação de sobrenadante

Não foi observada a formação de sobrenadante no momento do preparo da calda fungicida. A partir da primeira avaliação, 15 minutos após o preparo da calda, é possível notar que a formação de sobrenadante está relacionada à presença de mancozebe (Unizeb Gold[®]) na calda (Quadro 3).

Quando o fungicida Unizeb Gold[®] foi associado ao adjuvante Aureo[®] e ou ao fungicida Fox[®] o sobrenadante adquiriu coloração branca (SB). Apesar da agitação das amostras, as avaliações sempre foram realizadas em repouso e, nesse caso, rapidamente formava o sobrenadante.

Quadro 3 - Avaliação da presença de sobrenadante na calda fungicida ao longo do tempo

	Tratamentos	Volume de aplicação	0 min	15, 30, 60 e 90 min	12h: ³ antes da agitação	12h: depois da agitação
1	Água destilada	-	Não ¹	Não	Não	Não
2	Aureo [®]	50	Não	Não	Não	Não
3	Fox [®]	50	Não	Não	Não	Não
4	Fox ^{®*}	50	Não	Não	Não	Não
5	Fox [®]	80	Não	Não	Não	Não
6	Fox ^{®*}	80	Não	Não	Não	Não
7	Fox [®]	110	Não	Não	Não	Não
8	Fox ^{®*}	110	Não	Não	Não	Não
9	Fox [®]	150	Não	Não	Não	Não
10	Fox ^{®*}	150	Não	Não	Não	Não
11	Unizeb Gold [®]	50	Não	SO	SO	Não
12	Unizeb Gold ^{®*}	50	Não	SB	SB	Não
13	Unizeb Gold [®]	80	Não	SO	SO	Não
14	Unizeb Gold ^{®*}	80	Não	SB	SB	Não
15	Unizeb Gold [®]	110	Não	SO	SO	Não
16	Unizeb Gold ^{®*}	110	Não	SB	SB	Não
17	Unizeb Gold [®]	150	Não	SO	SO	Não
18	Unizeb Gold ^{®*}	150	Não	SB	SB	Não
19	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	50	Não	SB	SB	Não
20	Fox [®] + Unizeb Gold ^{®*}	50	Não	SB	SB	Não
21	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	80	Não	SB	SB	Não
22	Fox [®] + Unizeb Gold ^{®*}	80	Não	SB	SB	Não
23	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	110	Não	SB	SB	Não
24	Fox [®] + Unizeb Gold ^{®*}	110	Não	SB	SB	Não
25	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	150	Não	SB	SB	Não
26	Fox [®] + Unizeb Gold ^{®*}	150	Não	SB	SB	Não

* Adição do adjuvante Aureo[®] na calda.

¹ Min e h= Tempo em minutos e horas após o preparo da calda.

² Não = ausência de formação de sobrenadante; SO = Sobrenadante oleoso; SB = Sobrenadante branco.

³A avaliação de 12 horas após o preparo da calda foi realizada antes e depois da agitação por 10 ciclos

A presença de sobrenadante não é uma avaliação comum nas avaliações de incompatibilidade de produtos fitossanitários, porém existem avaliações que contemplam a estabilidade da calda (PETTER *et al.*, 2013). A lógica utilizada neste trabalho leva ao entendimento que existem muitas características observadas na calda que levam a classificá-la como heterogênea. Certamente, a falta de padronização nas avaliações de incompatibilidade dificulta a recomendação técnica.

3.3.2.4 Alteração da cor original

No geral, a coloração original da calda não foi alterada, com exceção do fungicida mancozebe (Unizeb Gold[®]) quando associado ao adjuvante Aureo[®], no volume de 50 L ha⁻¹ (Quadro 4).

Quadro 4 - Avaliação da alteração de cor da calda ao longo do tempo

	Tratamentos	Volume de aplicação	0 min ¹	15, 30, 60 e 90 min	12h: ³ antes da agitação	12h: depois da agitação
1	Água destilada	-	--- ²	Não	Não	Não
2	Aureo [®]	50	---	Não	Não	Não
3	Fox [®]	50	---	Não	Não	Não
4	Fox [®] *	50	---	Não	Não	Não
5	Fox [®]	80	---	Não	Não	Não
6	Fox [®] *	80	---	Não	Não	Não
7	Fox [®]	110	---	Não	Não	Não
8	Fox [®] *	110	---	Não	Não	Não
9	Fox [®]	150	---	Não	Não	Não
10	Fox [®] *	150	---	Não	Não	Não
11	Unizeb Gold [®]	50	---	Não	Não	Não
12	Unizeb Gold [®] *	50	---	Sim	Sim	Não
13	Unizeb Gold [®]	80	---	Não	Não	Não
14	Unizeb Gold [®] *	80	---	Não	Não	Não
15	Unizeb Gold [®]	110	---	Não	Não	Não
16	Unizeb Gold [®] *	110	---	Não	Não	Não
17	Unizeb Gold [®]	150	---	Não	Não	Não
18	Unizeb Gold [®] *	150	---	Não	Não	Não
19	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	50	---	Não	Não	Não
20	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	50	---	Não	Não	Não
21	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	80	---	Não	Não	Não
22	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	80	---	Não	Não	Não
23	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	110	---	Não	Não	Não
24	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	110	---	Não	Não	Não
25	Fox [®] + Unizeb Gold [®]	150	---	Não	Não	Não
26	Fox [®] + Unizeb Gold [®] *	150	---	Não	Não	Não

* Adição do adjuvante Aureo[®] na calda.

¹ Min e h= Tempo em minutos e horas após o preparo da calda.

² --- = Coloração original; Não = ausência de alteração da cor original; Sim = alteração da cor original

³A avaliação de 12 horas após o preparo da calda foi realizada antes e depois da agitação por 10 ciclos

A alteração de cor chama a atenção por ilustrar a ocorrência de alguma reação físico-química na calda. A maior concentração das substâncias no meio certamente contribui para a alteração de cor, contudo, ela ocorreu somente na presença do adjuvante. Na literatura, não foram encontrados relatos de experimentos que avaliaram a coloração da calda. Esse resultado evidencia a dificuldade de prever interações entre as substâncias presentes no tanque de pulverização.

3.3.2.5 Formação de precipitado

Logo após o preparo das caldas fungicidas (0 minuto), não se constatou a presença de precipitado (Quadro 5). Aos 15 minutos após o preparo foi observada a presença de precipitado nas caldas contendo Unizeb Gold® mais Aureo®.

Quadro 5 - Avaliação da presença de precipitado na calda ao longo do tempo

Tratamentos	Volume de aplicação	0 min ¹	15 min	30, 60 e 90 min	12h: ³ antes da agitação	12h: depois da agitação
1 Água destilada	-	Não ²	Não	Não	Não	Não
2 Aureo®	50	Não	Não	Não	Não	Não
3 Fox®	50	Não	Não	Não	Sim	Sim
4 Fox®*	50	Não	Não	Não	Sim	Sim
5 Fox®	80	Não	Não	Não	Sim	Sim
6 Fox®*	80	Não	Não	Não	Sim	Sim
7 Fox®	110	Não	Não	Não	Sim	Sim
8 Fox®*	110	Não	Não	Não	Sim	Sim
9 Fox®	150	Não	Não	Não	Sim	Sim
10 Fox®*	150	Não	Não	Não	Sim	Sim
11 Unizeb Gold®	50	Não	Não	Não	Sim	Sim
12 Unizeb Gold® *	50	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
13 Unizeb Gold®	80	Não	Não	Não	Sim	Sim
14 Unizeb Gold®*	80	Não	Sim	Não	Sim	Sim
15 Unizeb Gold®	110	Não	Não	Não	Sim	Sim
16 Unizeb Gold®*	110	Não	Sim	Não	Sim	Sim
17 Unizeb Gold®	150	Não	Não	Não	Sim	Sim
18 Unizeb Gold®*	150	Não	Sim	Não	Sim	Sim
19 Fox® + Unizeb Gold®	50	Não	Não	Não	Sim	Sim
20 Fox® + Unizeb Gold®*	50	Não	Não	Não	Sim	Sim
21 Fox® + Unizeb Gold®	80	Não	Não	Não	Sim	Sim
22 Fox® + Unizeb Gold®*	80	Não	Não	Não	Sim	Sim
23 Fox® + Unizeb Gold®	110	Não	Não	Não	Sim	Sim
24 Fox® + Unizeb Gold®*	110	Não	Não	Não	Sim	Sim
25 Fox® + Unizeb Gold®	150	Não	Não	Não	Sim	Sim
26 Fox® + Unizeb Gold®*	150	Não	Não	Não	Sim	Sim

* Adição do adjuvante Aureo® na calda.

¹ Min e h= Tempo em minutos e horas após o preparo da calda.

² Não = ausência de precipitado; Sim = presença de precipitado

³A avaliação de 12 horas após o preparo da calda foi realizada antes e depois da agitação por 10 ciclo

Contudo, a formação de precipitado se manteve nas próximas avaliações (30, 60 e 90 minutos) apenas no tratamento de 50 L ha⁻¹ com Unizeb Gold[®] mais Aureo[®], (Quadro 5). A adição do adjuvante, nesse caso, impactou negativamente a calda, promovendo a formação do corpo de fundo.

O precipitado é indesejável em tanques de pulverização, seja pela possibilidade de obstrução dos elementos filtrantes, mangueiras e até mesmo da ponta de pulverização. Além disso, o produto precipitado pode conter parte do ingrediente ativo e implicar em distribuição de sub-dose no alvo (PETTER *et al.*, 2013; GAZZIERO, 2015; RAKES *et al.*, 2018; VECHIA *et al.*, 2019). A situação é agravada quando a agitação da calda é ausente ou ineficiente.

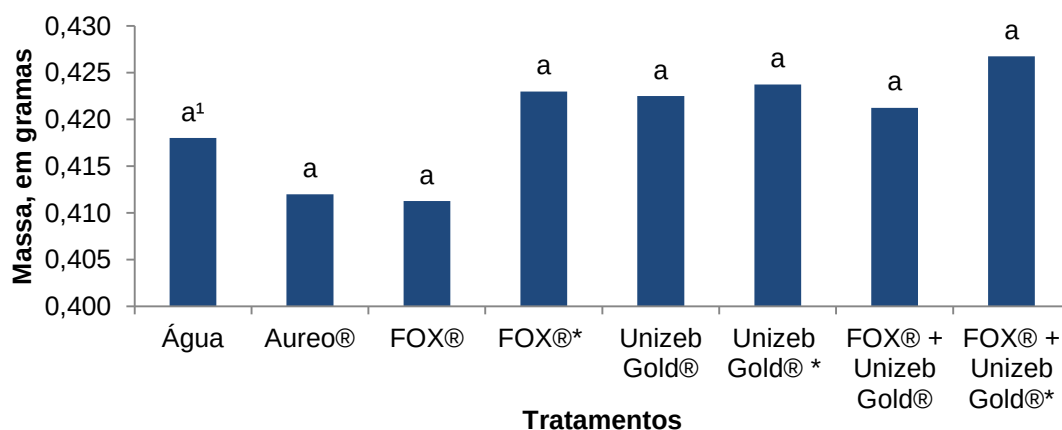
Também foi possível notar a formação de precipitado em todas as caldas fungicidas após 12 horas de repouso (Quadro 5). Pela existência de partículas dispersas na fase líquida, caracterizando uma suspensão, não se recomenda que se mantenha a calda em repouso. Na prática, o operador nunca deve desligar o sistema de agitação ou deixar a calda no tanque ao final da aplicação.

3.3.3 Obstrução de elementos filtrantes

3.3.3.1 Avaliação da vazão no tempo de 1 minuto

Não houve diferença significativa entre vazões coletadas, independente da calda fungicida ($P = 0,208^{ns}$) (Figura 6). A vazão possui relação direta com a obstrução do elemento filtrante ou da ponta, contudo esta obstrução pode demorar horas ou mesmo não ser constatada na atividade de pulverização.

Figura 6 - Massa média, em gramas, do volume coletado após a pulverização das caldas



¹ CV (%) = 2,23; $P = 0,208^{ns}$

* Adição do adjuvante Aureo[®] na calda.

Um fato observado nas avaliações de estabilidade é que a agitação tende a homogeneizar a calda e em contrapartida, quando em repouso tende a precipitar os sólidos. Portanto, pode-se inferir que a redução da vazão pode ser decorrente da ausência ou ineficiência da agitação da calda e obstrução parcial dos componentes do sistema de pulverização.

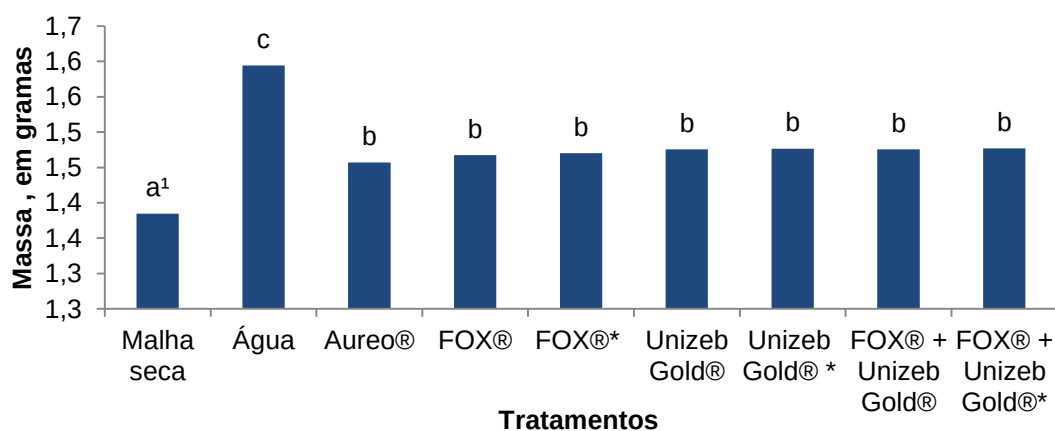
Uma limitação observada no experimento foi não considerar as densidades das substâncias, pois somente com água a massa é aproximadamente igual ao volume. No entanto, esse procedimento pode resultar diferenças nos valores quando a massa é dividida pela densidade da calda. Outra melhoria seria considerar um período maior de vazão.

3.3.3.2 Avaliação da massa retida no filtro do bico de pulverização

Houve diferença significativa entre a massa dos filtros avaliados ($P = 0,00^*$), porém não houve diferença significativa entre a massa retida pelos filtros com os fungicidas na calda (Figura 7).

A retenção do produto fitossanitário no elemento filtrante do bico de pulverização pode depender do tempo de operação do pulverizador e também da malha do elemento filtrante. Provavelmente a maior massa obtida após a pulverização da água está relacionada à sua maior tensão superficial, quando comparada as demais caldas fungicidas. É conveniente para os próximos experimentos adotar um tempo maior e realizar a secagem das malhas em estufa apropriada.

Figura 7 - Massa média, em gramas, dos elementos filtrantes, após aplicação das caldas



¹CV (%) = 1,13 e $P_{\text{valor}} = 0,00^*$.

* Adição do adjuvante Aureo® na calda.

3.3.3.3 Avaliação da massa retida em filtro de papel

A retenção de produto no filtro de papel não apresentou diferenças visuais, limitando-se a alterar a coloração do elemento filtrante. Os dados obtidos da pesagem individual dos filtros de papel também não foram estatisticamente diferentes.

Os resultados obtidos pela filtração em porosidade tão reduzida destaca a importância da agitação da calda. Deve-se destacar que o tempo de filtração não foi considerado na avaliação.

3.4 CONCLUSÕES

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

- A mistura de produtos fitossanitários em tanque modifica o pH da calda, em especial com os fungicidas Unizeb Gold[®], Fox[®] e Aureo[®], quando colocados nessa ordem no tanque promovem acidificação crescente da calda;
- A alteração do pH na mistura em tanque é mais influenciada pelos produtos fitossanitários quando comparada ao aumento da concentração dos componentes da calda;
- A mistura em tanque com mancozebe (Unizeb Gold[®]) e o éster metílico de óleo de soja (Aureo[®]) em calda aquosa e volume baixo (50 L ha⁻¹) deve ser vista com cautela, pois evidencia a ocorrência de incompatibilidade com formação de sobrenadante, alteração de coloração da calda e formação de precipitado, além da formação de espuma;
- Há necessidade de padronização dos procedimentos nos estudos de incompatibilidade de misturas em tanque no Brasil, de modo que a avaliação reflita a realidade das operações.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JÚNIOR, H. O. *et al.* Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 103 - 109, 2011.
- ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 555 - 562, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13875: Agrotóxicos e afins — Avaliação de compatibilidade físico-química**. Rio de Janeiro, p. 12. 2014.
- BATISTA, R. O. **Caraterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, 2011.
- BAIO, F. H. R.; GABRIEL, R. R. F.; CAMOLESE, H. S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 151 - 161, 2015.
- BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 40, DE 11 DE OUTUBRO DE 2018**. Estabelecer regras complementares a emissão da receita agronômica previsto no Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002, no que tange ao exercício profissional e eficiência agronômica na aplicação dos agrotóxicos e afins. Brasília, DF, out. 2018. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=15/10/2018&jornal=515&pagina=3>>. Acesso em: 05 jul. 2019.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**, v. 34, n. 9, p. 655 - 659, 2009.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 261 - 270, 2017.
- 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.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665 - 672, 2010.
- FARIAS, M. S. *et al.* Qualidade da água utilizada para aplicação de agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 26, p. 541 - 551, 2014.
- FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Modo de ação de fungicidas**. Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 4 jul. 2019.

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

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83 - 92, 2015.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7. 2015. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 113).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7. 2016. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 121).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2017. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 131).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2018 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 144).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2018 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 138).

HAZRA, D. K. Recent advancement in pesticide formulations for user and environment friendly pest management. **International Journal of Research & Review**, v. 5, n. 2, p. 256 - 268, 2015.

HIRATA, R.; SKORTZARU, B.; NARCISO, E. S. Avaliação da degradação de inseticidas, em função do ph, utilizando *Drosophila melanogaster* e teste de inibição enzimática. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 3, p. 359 - 365, 2003.

JACKSON, A. M.; WHIPPS, J. M.; LYNCH, J. M. Effects of temperature, pH and water potential on growth of four fungi with disease biocontrol potential.world. **Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 7, n. 4, p. 494 - 501, 1991.

KELLERMAN, M. *et al.* The effect of temperature, exposure time and pH on imazalil residue loading and green mould control on citrus through dip application. **Postharvest Biology and Technology**, v. 121, p. 159 - 164, 2016.

LOPES, L. L. **Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja.** 2018.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2018.

MAPA. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos agropecuários**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 jul. 2019.

NASCIMENTO, J. M. *et al.* Associação de adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 3, p. 204 - 210, 2012.

NASCIMENTO, J. M. *et al.* Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados à fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Agrarian**, v. 11, n. 40, p. 95 - 104, 2018.

PETTER, F. A. *et al.* Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129 - 138, 2013.

PRADO, E. P. *et al.* Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 389 - 396, 2011.

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.

RAKES, M. *et al.* Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, v. 35, 2018.

RAMOS, H. *et al.* Parâmetros da capacidade de campo operacional associada a pulverizadores terrestres no Brasil. **Biológico**, v. 75, p. 11 - 29, 2013.

RAM, R. *et al.* Evaluations of fortified fungicide solutions in managing corm rot disease of gladiolus caused by *Fusarium oxysporum*. **Crop Protection**, v. 23, n. 9, p. 783 - 788, 2004.

RODRIGUES, D. M. **Temperatura nas propriedades físicas da calda de pulverização e eficácia de herbicidas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, 2018.

SILVA, L. H. C. P. *et al.* Control of asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 64 - 67, 2015.

SOUZA, D. M. *et al.* News soybean sowing arrangements on spray and control of Asian rust. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, p. 206 - 214, 2019.

VECHIA, J. F. D. *et al.* Effects of insecticide and acaricide mixtures on *Diaphorina citri* control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, p. 7 , 2019.

CAPÍTULO 4 - VOLUME DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DO OÍDIO EM PLANTAS DE SOJA EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO

O uso de fungicidas é crucial no manejo de doenças da soja. Ao aplicar um produto fitossanitário, via pulverização, é preciso definir o volume de aplicação. A redução do volume pode influenciar a distribuição da calda sobre o alvo, alterar a concentração da calda ou ainda reduzir os custos da operação. É provável que a distribuição do fungicida sobre o alvo tenha relação com a tenacidade. Assim, o conhecimento dessa propriedade dos fungicidas sobre o alvo é fundamental para compreender a recente atualização do manejo das doenças da soja. Portanto, o objetivo do trabalho é avaliar o efeito da redução do volume de aplicação de fungicidas sobre o tempo de controle do fungo *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. em plantas de soja. Para isso, um experimento foi conduzido em casa de vegetação para avaliar o progresso da doença oídio em plantas de soja tratadas com diferentes fungicidas. Os tratamentos foram compostos de três caldas fungicidas (Unizeb Gold[®], Fox[®] e Unizeb Gold[®] mais Fox[®]), em diferentes volumes de calda (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹). Os resultados evidenciaram que: as caldas fungicidas reduziram o progresso da doença; a eficiência de Fox[®] é comprometida no menor volume aplicado; houve sinergismo na associação entre Unizeb Gold[®] e Fox[®] no controle da doença; a associação entre Unizeb Gold[®] e Fox[®] evidencia tenacidade de no mínimo 56 dias após a aplicação da mistura fungicida.

Palavras-chave: Volume de calda. Tecnologia de aplicação. Fungicida protetor. Tenacidade. Mistura em tanque.

CHAPTER 4 - FUNGICIDE APPLICATION RATES IN THE POWDERY MILDEW CONTROL ON SOYBEAN PLANTS IN GREENHOUSE

ABSTRACT

The use of fungicides is crucial in the management of soybean diseases. When applied a phytosanitary product by spraying the application rate must be defined. Spray volume reduction can influence the solution distribution over the target, as well as change the solution concentration and reduce operating costs. The distribution of fungicide over the target is likely to be related to tenacity. Thus, knowledge of this fungicide property on target is fundamental to understanding the recent update of soybean disease management. Therefore, this work aimed to evaluate the effect of reducing application rate of fungicidal spray on the control time of the powdery mildew on soybean plants. For this, an experiment was conducted in a greenhouse to evaluate the progress of the powdery mildew disease in soybean plants treated with different fungicides. The treatments consisted of three fungicidal solutions (Unizeb Gold[®], Fox[®] and Unizeb Gold[®] plus Fox[®]), in different application rates (50, 80, 110 and 150 L ha⁻¹). The results showed that: the fungicide spray reduced the disease progression; Fox[®] efficiency is compromised in the smallest volume applied; there was synergism in the association between Unizeb Gold[®] and Fox[®] in disease control; The association between Unizeb Gold[®] and Fox[®] shows tenacity at least 56 days after application of the fungicide mixture.

Keywords: Spray volume. Application technology. Protective fungicide. Tenacity. Tank mixture.

4.1 INTRODUÇÃO

As doenças que atacam as folhas da soja são facilmente detectadas pelo agricultor, seja pela redução da área fotossintética ou pela desfolha causada (HENNING, 2014). Dentre elas, o oídio, causado pelo fungo *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. A ocorrência do oídio na soja está sempre associada a condições de baixa umidade relativa, por este motivo é comum a sua manifestação em plantas conduzidas em casa de vegetação (BLUM *et al.*, 2002; GODOY; CANTERI, 2004; GALLOTTI; BALBINOT JUNIOR; BACKES, 2005).

O uso de fungicidas é crucial no manejo de doenças da soja (GODOY *et al.*, 2018). Ao aplicar um produto fitossanitário, via pulverização, é preciso definir o volume de aplicação; quantidade de calda (diluente mais produto) que será distribuída por área. A dose do produto comercial deverá ser fiel àquela recomendada pelo fabricante, contudo, o produtor pode variar a quantidade de diluente. A redução do volume de aplicação pode promover menor distribuição da calda sobre o alvo, maior concentração da calda ou ainda reduzir os custos da operação (CHECHETTO *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2015).

O tempo que o fungicida fica disponível sobre o alvo pode influenciar na ocorrência da doença, a esta característica denomina-se tenacidade. É provável que a distribuição do fungicida sobre o alvo tenha relação com a tenacidade (OLIVEIRA; SANTOS; GUZZO, 2002; SANTOS, 2016). Entretanto, avaliar a tenacidade não é uma tarefa fácil, especialmente por depender de fatores ambientais e daqueles relacionados à aplicação (GARCIA, 1999). Podem ser adotadas basicamente duas estratégias de avaliação da tenacidade: direta, quantificando o resíduo do produto sobre o alvo por meio de técnicas laboratoriais (ex: espectrometria e cromatografia) ou indireta, avaliando o progresso da doença ao longo do tempo (SILVA, 2013; SANTOS, 2016; STEFANELLO, 2017).

Os fungicidas com modo de ação protetor estão disponíveis no mercado por décadas, contudo, são conhecidos pela baixa tenacidade o que exigiria frequentes reaplicações. Provavelmente, devido a este fato, os fungicidas protetores não tinham relevância em culturas como a soja (OLIVEIRA; SANTOS; GUZZO, 2002; SILVA JUNIOR *et al.*, 2009).

Deve-se ressaltar que, do descobrimento dos primeiros fungicidas protetores aos dias atuais houve reconhecido progresso na formulação dos produtos fitossanitários. Dentre as moléculas que tiveram seu uso ampliado na cultura da soja está o mancozebe (ORTIZ, 2015; SILVA *et al.*, 2015; STEFANELLO, 2017).

Conhecer o desempenho dos fungicidas protetores no controle de doenças e especialmente a sua tenacidade sobre o alvo é fundamental para compreender a recente atualização do manejo de doenças da soja. Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar o efeito da redução do volume de aplicação de fungicidas, sobre o tempo de controle do fungo *Microsphaera diffusa* em plantas de soja conduzidas em casa de vegetação.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Instalação e condução

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Lab. de Tecnologia de Aplicação de Defensivos, pertencentes ao Departamento de Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP.

Inicialmente, no dia 17/04/2018 foi adicionado substrato em bandejas de isopor e semeada a soja, cultivar FTS Campo Mourão RR (tipo de crescimento semi-determinado e grupo de maturação 6.6). As sementes não receberam tratamento químico. Em 27/04/2018, após a germinação e estabelecimento das plântulas, foi realizado o transplante de 420 plantas individuais em vasos de plástico nas dimensões 0,15 x 0,20 x 0,145 m, sendo altura, diâmetro superior e inferior, respectivamente.

O substrato da marca comercial Tropstrato[®] foi utilizado para semeadura e transplante e não recebeu adubação suplementar. Antes da aplicação as plantas foram conduzidas em casa de vegetação não climatizada com auxílio de irrigação manual, realizada sob as folhas em forma de aspersão.

As plantas de soja foram conduzidas até o estágio fenológico V1, segundo a escala de Fehr; Caviness (1977). Assim, no dia 09/05/2018 foi realizada a aplicação de todos os tratamentos. Após a aplicação, os vasos foram encaminhados para casa de vegetação de vidro. A irrigação passou a ser realizada por capilaridade, evitando assim o molhamento das folhas.

4.2.2 Aplicação, tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram aplicados no sistema de pulverização do Lab. de Tecnologia de Aplicação com controle da velocidade de deslocamento e pressão de trabalho. Foram dispostas seis pontas de pulverização de jato plano, modelo XR, da marca TeeJet®, ângulo de abertura de 110°, espaçadas de 0,50 m na barra. Para obter os volumes de calda desejados (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹) as pontas de vazão 01, 015, 02 e 025 foram configuradas a cada aplicação nas pressões de 140; 140; 160; 200 kPa, para obter os respectivos volumes de calda. A velocidade de deslocamento da barra de pulverização foi 6,8 km h⁻¹.

Os tratamentos foram compostos de três caldas fungicidas (Unizeb Gold®, Fox® e Unizeb Gold® mais Fox®), em quatro volumes de calda (50, 80, 110 e 150 L ha⁻¹). O adjuvante Aureo® foi adicionado na presença do fungicida Fox® na calda. Foram tratadas 32 plantas a cada aplicação, as quais representaram as repetições, em cada avaliação. As doses utilizadas no experimento seguiram as recomendações dos fabricantes (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtos e doses utilizados nas aplicações das caldas fungicidas

Produto comercial*	Ingrediente ativo	Concentração	Dose
Fox®	trifloxistrobina + protioconazol	150 g L ⁻¹ + 175g L ⁻¹	0,4 L ha ⁻¹
Unizeb Gold®	mancozebe	750 g kg ⁻¹	3 kg ha ⁻¹
Aureo®	éster metílico de óleo de soja	720g L ⁻¹	0,25 %

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, com 13 tratamentos (3 caldas fungicidas; 4 volumes de aplicação e testemunha), em 8 repetições.

4.2.3 Avaliações

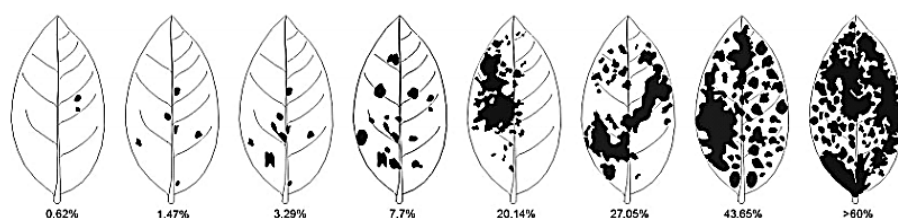
As plantas foram avaliadas semanalmente, através da observação dos sintomas iniciais da doença, sem destacar os folíolos, até 30 DAA. Para avaliar a tenacidade das caldas fungicidas, não se optou pelo molhamento das folhas.

Aos 30 DAA, notou-se a presença de oídio, causado pelo fungo *Microsphaera diffusa*. Além da expressiva e rápida evolução da doença foi possível observar uma nítida disparidade entre os tratamentos quanto à severidade da doença. Assim,

decidiu-se coletar os folíolos para quantificar a doença. Foi coletada uma folha unifoliada por planta, de oito plantas, de cada tratamento, semanalmente.

As folhas removidas das plantas com oídio foram encaminhadas ao laboratório para avaliação. Foi atribuída uma nota, em porcentagem de área coberta pelo fungo, para cada amostra coletada. As notas foram atribuídas de maneira subjetiva, sempre pelo mesmo avaliador. Como parâmetro de avaliação utilizou-se a escala diagramática da doença, proposta por Mattiazzi (2003) (Figura 1).

Figura 1 - Escala diagramática do oídio da soja



Fonte: MATTIAZZI (2003).

Os dados da severidade da doença serviram como base para o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), conforme proposto por Campbell e Madden (1990), permitindo avaliar de maneira mais nítida, em forma de gráfico, o progresso da doença. Para minimizar distorções, os resultados foram expressos pela evolução diária da doença no período de avaliação.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da AACPD foi nítida nos períodos avaliados, ilustrando a superioridade de todos os tratamentos fungicidas em relação à testemunha. Dentre as caldas fungicidas avaliadas a associação entre Fox® e Unizeb Gold® promoveu o menor progresso da doença (Figura 2).

É válido destacar que o mancozebe não é um produto fitossanitário registrado para o controle do oídio (MAPA, 2019). Contudo, apesar do acentuado progresso da doença nas parcelas que foram expostas ao Unizeb Gold®, é possível inferir que o mancozebe possui efeito fungitóxico à *Microsphaera diffusa*.

Pela análise da AACPD, constata-se que a adição de Unizeb Gold® à calda potencializou o controle da doença com o fungicida Fox®. A causa do sinergismo

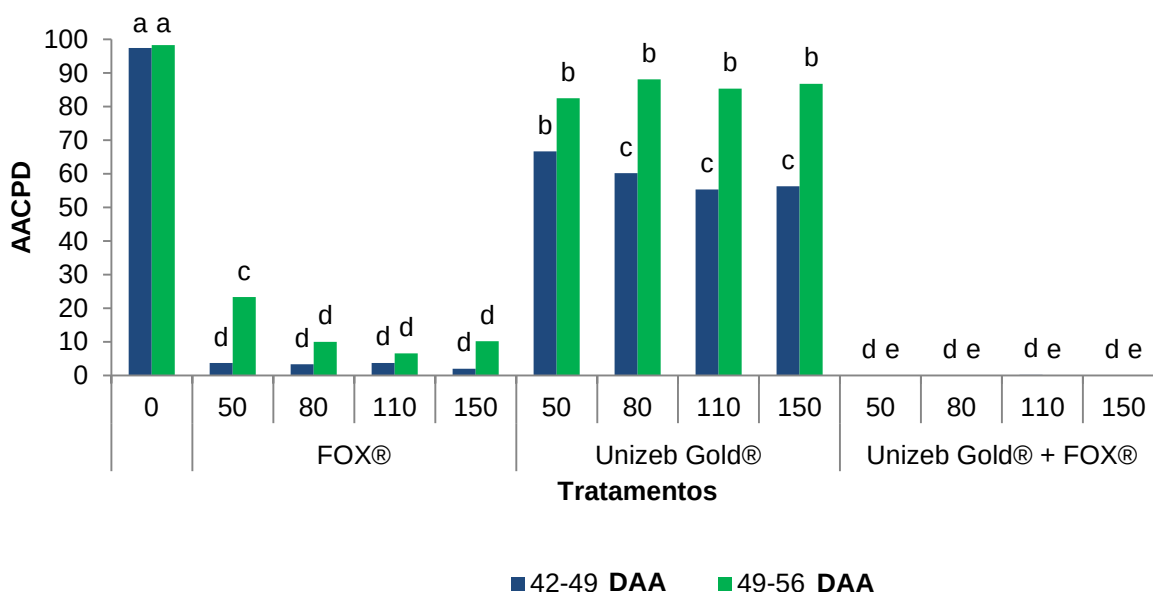
observado entre Unizeb Gold® e Fox® não foi elucidada por este trabalho. Algumas hipóteses para a redução da AACPD podem ser decorrentes da adição de novos mecanismos de ação com o fungicida protetor (o mancozebe é considerado um fungicida multissítio) (FRAC, 2019). Ou ainda, a presença de elementos na formulação do Unizeb Gold® que promovam esse efeito.

Nos últimos anos os fungicidas multissítios têm sido acrescentados no manejo da ferrugem asiática da soja, especialmente pela menor eficácia observada nos fungicidas de grupos químicos tradicionais (triazol, estrobilurina e carboxamida) (GODOY *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015).

O incremento da persistência de fungicidas Inibidores da Desmetilação (IDM) e Inibidores da Quinona oxidase (IQo) já foi observada por Stefanello (2017). Contudo, a causa pode não ser exatamente o mancozebe, mas sim alguma substância presente na formulação, como o manganês e zinco.

Em patente registrada na “World Intellectual Property Organization”, os autores, representados pela BASF, apresentaram o método intitulado: “A method of using a micronutrient as safener for a triazole for controlling harmful fungi”, no qual descrevem o mancozebe e outras substâncias como “safeners” para fungicidas do grupo dos triazóis (BASF, 2007).

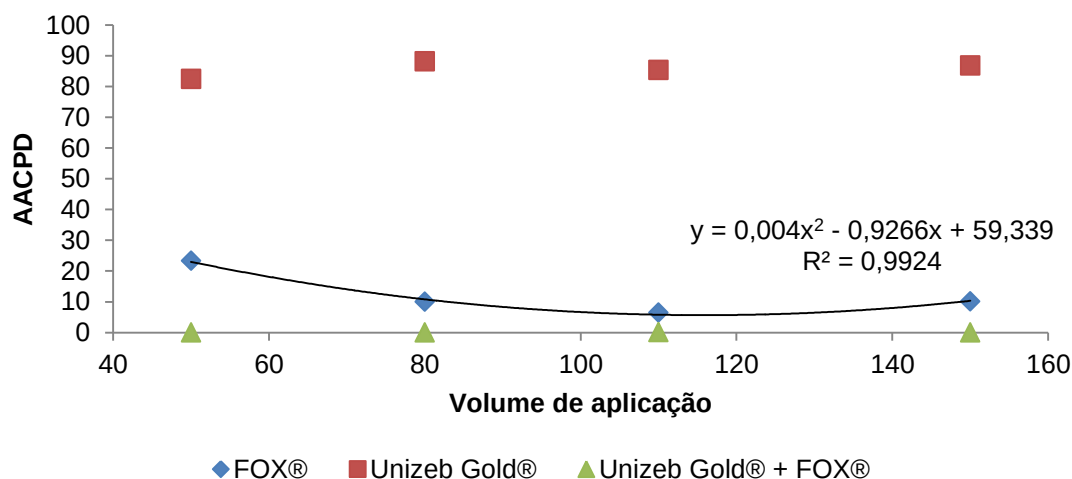
Figura 2 - Evolução da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) diária, em cada período de dias após a aplicação (DAA), de caldas fungicidas, em diferentes volumes de aplicação, em plantas de soja



O progresso da doença analisado no período de 49 a 56 DAA evidencia que a volume de aplicação influenciou na atuação do fungicida Fox[®], de modo que o volume de 50 L ha⁻¹ promoveu maior valor da AACPD (Figura 3). Em contrapartida, a associação com Unizeb Gold[®] na calda viabilizou a eficiência de controle do oídio nas plantas de soja com o fungicida Fox[®] em volumes menores de calda (ex: 50 L ha⁻¹).

A escolha do volume de aplicação depende de fatores como alvo biológico, mobilidade do produto fitossanitário na planta, capacidade operacional da máquina, custos da aplicação e recomendação do fabricante. Aplicações com volumes menores de calda podem ser tão eficientes quanto volumes maiores, contudo, particularidades do alvo, máquina, produto e das condições ambientais podem impactar de maneira mais acentuada sobre a qualidade da pulverização em volumes menores (BUENO; CUNHA; ALVES, 2013; CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; PRADO *et al.*, 2015).

Figura 3 - Desdobramento da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), diária, no período de 49 aos 56 dias após a aplicação, em diferentes volumes de aplicação



4.4 CONCLUSÕES

Nas condições de condução do experimento pode-se concluir:

- As caldas fungicidas contendo trifloxistrobina mais prothioconazol (Fox[®]), mancozebe (Unizeb Gold[®]) e a mistura deles reduziram o progresso da doença oídio em plantas de soja;

- A redução do volume de aplicação em 50 L ha⁻¹ interferiu negativamente na eficiência de controle do oídio com o fungicida Fox[®];
- A mistura entre Unizeb Gold[®] e Fox[®], até a última avaliação evidenciou tenacidade na superfície foliar de 56 dias após a aplicação;
- Houve sinergismo na mistura entre Unizeb Gold[®] e Fox[®] refletindo em maior eficiência de controle de oídio em plantas de soja.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C. *et al.* Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p. 239 - 244, 2007.
- ALVES, V. M. **Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- BASF. **A method of using a micronutrient as safener for a triazole for controlling harmful fungi**, 7 fev. 2007. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/WO2007093535A1>>. Acesso em: 1 jul. 2019.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1210 - 1222, 2013.
- BLUM, L. E. B. *et al.* Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 216 - 218, 2002.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 532, 1990.
- CHECHETTO, R. G. *et al.* Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato Grosso. **MAGISTRA**, v. 26, n. 1, p. 89 - 97, 2014.
- 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 aplicação. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1360 - 1366, 2006.
- CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616 - 1621, 2008.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
- FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Modo de ação de fungicidas**. Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- GALLOTTI, G. J. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 2, p. 87 - 93, 2005.
- GARCIA, A. Fungicidas I: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 1999. 32p.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7. 2015. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 113).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2018 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 138).

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora na produtividade da cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 526 - 531, 2004.

HENNING, A. A. *et al.* **Manual de identificação de doenças de soja.** 5^a ed. Londrina: EMBRAPA, 2014. 78p.

MAPA. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos agropecuários.** Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 jul. 2019.

MATTIAZZI, P. **Efeito do oídio (*Microsphaera diffusa* Cooke & Peck) na produção e duração da área foliar sadia da soja.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, S. H. F.; SANTOS, J. M. F.; GUZZO, S. D. Efeito da chuva sobre a tenacidade e eficiência de fungicidas cúpricos associados ao óleo vegetal no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 581 - 585, 2002.

ORTIZ, R. B. P. **Multi-site fungicides associated with DMIs and QoIs: a new strategy to control asian soybean rust.** 2015. Dissertação. (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

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.

SANTOS, P. S. J. **Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2016.

SILVA JÚNIOR, J. *et al.* Efeito de fungicidas sistêmico e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 705 - 712, 2009.

SILVA, A. C. A. **Desempenho de adjuvantes na qualidade da aplicação e na retenção e translocação de fungicida na cultura da soja**. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

SILVA, L. H. C. P. *et al.* Control of asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 64 - 67, 2015.

STEFANELLO, M. T. **Mancozebe influencia a persistência de fungicidas inibidores da desmetilação e inibidores da quinona oxidase em cultivares de soja**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

ZAMBENEDETTI, E. *et al.* Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. **Summa Phytopathologica**. v. 33, n. 2, p. 178 - 181, 2007.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, especialmente via pulverização, tem evoluído tecnicamente, mas ainda sofre com a falta de difusão dos conhecimentos no campo (extensão rural). Como visto, o volume de aplicação escolhido pode proporcionar resultados distintos, desde os níveis de depósito e cobertura da calda sobre o alvo até possíveis incompatibilidades na calda.

O estado da arte na aplicação de produtos fitossanitários seria a capacidade de depositar sobre o alvo exatamente a quantidade suficiente, quando necessário, para a obtenção da máxima eficácia com o mínimo de perda. Contudo, com base na tecnologia atual, ainda não é possível tamanha exatidão.

Vale refletir que pequenos ajustes no volume de aplicação podem promover incrementos consideráveis na qualidade da aplicação e eficácia, com o mínimo impacto sobre a capacidade operacional dos equipamentos e custos de produção.

De maneira geral, quanto à associação de produtos e escolha de volume de aplicação, nosso trabalho destaca a impossibilidade de recomendações genéricas, por outro lado, reforça a possibilidade de proporcionar a máxima eficiência considerando em particular cada situação.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. M. **Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- ALVES, V. M.; JULIATTI, F. C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 3, p. 245 - 251, 2018.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (ed.) **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4. ed. Piracicaba: Ceres, 2016.
- BALAN, M. G. *et al.* Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 293 - 298, 2008.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p.1210 - 1222, 2013.
- CONAB. **Série Histórica das Safras: soja**. CONAB: Brasília, 2019. 140p.
- COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239 - 286.
- CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 343 - 351, 2011.
- 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 aplicação. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1360 - 1366, 2006.
- DECARO, R. A. **Espalhamento de gotas de fungicidas em associação com adjuvantes sobre superfícies vegetais e artificiais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018.
- FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Alerta sobre o controle da ferrugem-asiática no Brasil**. Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 4 jul. 2019 a.
- FRAC - Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas. **Modo de ação de fungicidas**. Disponível em: <<http://www.frac-br.org/>>. Acesso em: 4 jul. 2019 b.
- GODOY, C. V *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados**

sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: EMBRAPA, p. 6, 2016 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 119).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7. 2015 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 113).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2017 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 131).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7. 2016 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 121).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2018 b. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 144).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 7, 2014. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 103).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 6, 2015 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 111).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p. 8, 2017 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: EMBRAPA, p.8, 2018 a. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 138).

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Soja: **Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília, DF: Embrapa, p. 631 - 672. 2012.

MACIEL, C. F. S. *et al.* Sprayed liquid loss due to evaporation in different psychrometric conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 244 - 250, 2017.

MAPA. **AGROFIT - Sistema de agrotóxicos agropecuários**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 jul. 2019.

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

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

SILVA, L. H. C. P. *et al.* Control of asian soybean rust with mancozeb, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 1, p. 64 - 67, 2015.

SILVA JÚNIOR, J. *et al.* Efeito de fungicidas sistêmicos e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 705 - 712, 2009.

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

STEFANELLO, M. T. **Mancozebe influencia a persistência de fungicidas inibidores da desmetilação e inibidores da quinona oxidase em cultivares de soja**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

ZAIDAN, S. E. *et al.* Performance of spray nozzles in land applications with high speed. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p. 1126 - 1132, 2012.