

**FLÁVIO NUNES DA SILVA**

**RETENÇÃO FOLIAR DE MANCOZEBE COM ADJUVANTES E TAXAS DE  
APLICAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA**

**Botucatu**

**2020**



**FLÁVIO NUNES DA SILVA**

**RETENÇÃO FOLIAR DE MANCOZEBE COM ADJUVANTES E TAXAS DE  
APLICAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Proteção de Plantas.

Orientador (a): Carlos Gilberto Raetano

**Botucatu**

**2020**

S586r

Silva, Flávio Nunes da

Retenção foliar de mancozebe com adjuvantes e taxas de aplicação no controle da ferrugem da soja / Flávio Nunes da Silva. -- , 2020

52 p.

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

1. Ferrugem da soja. 2. Fungicidas. 3. Adjuvantes. 4. Taxa de aplicação. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

Título: **“RETENÇÃO FOLIAR DE MANCOZEBE COM ADJUVANTES E TAXAS DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGE DA SOJA”**

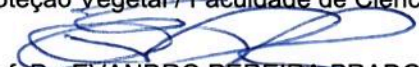
AUTOR: FLÁVIO NUNES DA SILVA

ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO

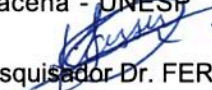
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



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



Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO  
Coordenadoria do Curso de Engenharia Agrônômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP



Pesquisador Dr. FERNANDO KASSIS CARVALHO  
. / AgroEfetiva Serviços SS Ltda.

Botucatu, 28 de fevereiro de 2020.



## AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Odete e Roberto, pelo apoio incondicional e por estarem sempre presentes em todas as etapas da minha vida e nunca pouparem esforços para me ajudarem a chegar até aqui;

Ao meu irmão André, por todo companheirismo e apoio incondicional;

À minha namorada Eduarda, por todo o suporte, amor, compreensão e carinho;

Ao professor Dr. Carlos Gilberto Raetano, por toda orientação, ensinamentos, apoio, paciência e amizade durante os anos de trabalho juntos;

Aos companheiros de trabalho e amigos do Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas que compõe o grupo PROTEC, que tiveram grande importância na realização desse trabalho, pela ajuda, companheirismo e amizade;

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA – UNESP Botucatu) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Proteção de Plantas pelo apoio, oportunidade e formação;

À Dra. Fernanda de Oliveira Barreto Costa e a empresa Solvay<sup>®</sup>, pelo fornecimento de amostras utilizadas nesse trabalho;

Aos novos e velhos amigos que estiveram comigo durante o mestrado, pela amizade e apoio durante esses anos;

Aos Docentes e servidores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Proteção de Plantas, funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) e Seção de Pós-Graduação por toda a orientação, ensino, oportunidade e convivência;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (código 001), pela bolsa de estudos concedida.





**“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”**

**Madre Teresa de Calcutá**



## RESUMO

Fungicidas multi-sítio, a exemplo do mancozebe tem sido cada vez mais utilizados no controle da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) e como estratégia anti-resistência aos fungicidas de sítio de ação único, amplamente utilizados na agricultura. Dessa maneira, buscou-se entender como a tecnologia de aplicação por meio da redução da taxa de aplicação e pelo uso de adjuvantes podem influenciar no controle da doença causada por *Phakopsora pachyrhizi*, quando associada ao fungicida mancozebe. Para isso, no capítulo 1, o objetivo foi avaliar a retenção foliar do fungicida de contato mancozebe em diferentes formulações na interação com adjuvantes em folhas de soja. No capítulo 2, o objetivo foi avaliar o controle da ferrugem da soja sob variação da taxa de aplicação de mancozebe em mistura com adjuvantes. Para a superfície adaxial a formulação GD apresenta maiores volumes de líquido retido enquanto que para a superfície abaxial, em geral, a formulação não apresenta interferência significativa. No geral, maior retenção da calda foi constatada na superfície abaxial do folíolo de soja, com destaque para caldas fungicidas contendo o polímero natural J-S e o óleo mineral Argenfrut. A redução da taxa de aplicação para 50 L ha<sup>-1</sup> e a associação do fungicida mancozebe com adjuvantes pode influenciar a severidade da ferrugem da soja, contudo, de maneira geral, se considerar apenas a redução da taxa de aplicação, de 120 L ha<sup>-1</sup> para 50 L ha<sup>-1</sup>, não há interferência no controle da doença, principalmente no início da enfermidade.

**Palavras-chave:** Propriedades físico-químicas. Pulverização. Volume de calda. *Glycine max*.



## ABSTRACT

Multi-site fungicides as mancozebe has been increasingly used to control soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) and as an anti-resistance strategy to single-site fungicides, widely used on agriculture. Thus, this study aimed a better understanding on how the application technology through the reduction of application rate and the use of adjuvants can influence on the control of the disease caused by *Phakopsora pachyrhizi*, in association with the fungicide mancozeb. To do so, on chapter 1 the study aimed to evaluate the foliar retention of mancozeb fungicide, in the WP and WG formulations, mixed with adjuvants on soybean leaves. On chapter 2, the aim of this study was to evaluate the soybean rust control under different volume rates of mancozeb spraying mixed with adjuvants. On the adaxial surface, the WG formulation has higher volumes of liquid retained while for the abaxial surface, in general, the formulation does not present significant interference. In most cases, greater retention of the spray mixture was found on the abaxial surface of the soybean leaflet, with emphasis on those containing the natural polymer J-S and the mineral oil Argenfrut. The reduction of the application rate to 50 L ha<sup>-1</sup> and the association of the fungicide mancozebe with adjuvants can influence the severity of soybean rust, however, in general, if we consider only the reduction of the application rate, of 120 L ha<sup>-1</sup> to 50 L ha<sup>-1</sup>, there is no interference in disease control, especially in early stages of the disease.

**Key words:** Physicochemical properties. Spraying. Application rate. *Glycine max*.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1 - RETENÇÃO FOLIAR DE MANCOZEBE NA INTERAÇÃO COM ADJUVANTES NA CULTURA DA SOJA</b> .....	18
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.2.1 Semeadura e condução das plantas.....	21
1.2.2 Delineamento experimental.....	21
1.2.3 Determinação da retenção foliar.....	22
1.2.4 Análise estatística.....	24
1.2.5 Determinação da tensão superficial dinâmica.....	24
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
1.4 CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
<b>CAPÍTULO 2 - VARIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO DE MANCOZEBE EM MISTURA COM ADJUVANTES NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA</b> .....	35
2.1 INTRODUÇÃO.....	37
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.2.1 Semeadura e condução das plantas.....	38
2.2.2 Delineamento experimental.....	38
2.2.3 Aplicação.....	39
2.2.4 Inoculação dos urediniósporos de <i>P. pachyrhizi</i> .....	40
2.2.5 Avaliações.....	41
2.2.6 Análise estatística.....	41
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
2.4 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51





## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] possui grande importância no cenário agrícola nacional, com produção estimada em 120 milhões de toneladas e área plantada de 36 milhões de hectares na safra agrícola 2019/2020, colocando o Brasil em primeiro lugar na produção mundial dessa leguminosa (CONAB, 2019; FIESP, 2019).

Entre os fatores que podem levar a redução da produção na cultura da soja, as doenças estão entre os principais que limitam a obtenção de altos rendimentos. Na cultura, já foram identificadas cerca de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus. A ferrugem da soja é conhecida por grandes danos a cultura, levando a perdas de até 80% que foram observadas no campo em ensaios realizados no Brasil (GODOY et al., 2016).

A adoção do vazio sanitário para redução do inóculo do fungo, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada como estratégia de escape da doença, a semeadura de cultivares com genes de resistência, o monitoramento da lavoura e a utilização de fungicidas preventivamente ou no aparecimento dos sintomas são recomendados para o manejo da doença no Brasil (GODOY et al., 2019).

O uso de fungicidas na cultura da soja foi intensificado após a introdução da ferrugem da soja no Brasil em 2001, sendo os três principais grupos de fungicidas sítio-específicos utilizados no Brasil: os inibidores da desmetilação (IDM), inibidores da quinona externa (IQe) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH) (GODOY et al., 2016b; GODOY et al., 2019). Contudo, a resistência ou menor sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* a esses grupos de fungicidas já foi relatada no país (SCHMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; SIMÕES et al., 2018).

Como fungicidas com novos mecanismos de ação não estão prontamente disponíveis, fungicidas multissítio mais antigos, como mancozebe, clorotalonil e sulfato de cobre, que possuem baixo risco de resistência, têm sido utilizados no controle da ferrugem da soja (GODOY et al., 2016b). O uso do fungicida de contato mancozebe, tem sido, portanto, grande aliado no controle da ferrugem da soja. Contudo, devido a características de seu ingrediente ativo, não é reconhecido pela sua tenacidade (SILVA et al., 2015), com isso, medidas que proporcionem o aumento

na tenacidade do ingrediente ativo, bem como sua retenção na superfície foliar, precisam ser exploradas a fim de melhorar a eficiência da aplicação.

Para se obter a melhor resposta de um produto fitossanitário e máxima eficácia de controle, de maneira econômica, com a mínima exposição do ambiente e do trabalhador rural deve-se aplicar o conjunto de técnicas que propiciam atingir esses objetivos, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários (MATUO, 1990).

Nesse sentido, o uso de adjuvantes tem se tornado muito frequente, havendo a necessidade de esclarecer a funcionalidade desses produtos, que podem ser adicionados à formulação dos produtos fitossanitários ou à calda, podendo atuar na formação das gotas (pulverização), na interação biológica do ingrediente ativo com o alvo e sua dinâmica no ambiente (RAETANO; CHECHETTO, 2019).

Os adjuvantes podem ser classificados através de sua classe funcional: surfatantes (espalhantes ou tensoativos), adesivos (óleos e derivados de látex) e penetrantes (óleos e surfatantes), umectantes (poliglicol, sorbitol, etileno docosanol, polissacarídeos e outros), condicionadores de calda como acidificantes (ácidos), tamponantes (citrato e fosfato ácidos de sódio), sequestrantes (EDTA), redutores de deriva (polímeros, polissacarídeos, óleos, fosfolipídeos), antiespumantes ou redutores de espuma (alguns tipos de organossilicones) e protetores (ANTUNIASSI, 2015).

Outra técnica relacionada à eficiência operacional dos equipamentos aplicadores a campo é a escolha do volume de aplicação. Dessa forma, a redução da taxa de aplicação tem intuito de aumentar a capacidade operacional sem desprezar a eficiência de controle sobre o alvo da aplicação, a qual pode ser influenciada também pelo depósito e a cobertura da pulverização sobre o alvo (MATUO, 1990; CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; CUNHA et al., 2011; BUENO; CUNHA; ALVES, 2013; PRADO et al., 2015).

Portanto, com o intuito de melhorar o entendimento da interação entre fungicidas e adjuvantes, na retenção foliar e taxa de aplicação no controle da ferrugem da soja, foram desenvolvidos dois experimentos. No capítulo 1, avaliou-se a retenção foliar do fungicida protetor mancozebe em duas formulações, Pó molhável (PM) e Granulado dispersível (GD) na interação com diferentes adjuvantes, sendo estabelecidas duas hipóteses.  $H_0$ : A associação de mancozebe com adjuvantes melhora a retenção da calda na superfície foliar da soja e  $H_1$ : A associação de mancozebe com adjuvantes não melhora a retenção da calda na superfície foliar da soja. No capítulo 2, foi avaliada a interação do fungicida mancozebe com diferentes

adjuvantes na redução da taxa de aplicação no controle da ferrugem da soja. Sendo estabelecidas duas hipóteses:  $H_0$ : A variação na taxa de aplicação na presença de adjuvantes favorece o controle da ferrugem da soja e  $H_1$ : A variação da taxa de aplicação na presença de adjuvantes não favorece o controle da ferrugem da soja.

## CAPÍTULO 1 - RETENÇÃO FOLIAR DE MANCOZEBE NA INTERAÇÃO COM ADJUVANTES NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

O uso de adjuvantes utilizados em mistura com produtos fitossanitários na calda de pulverização é uma técnica amplamente utilizada visando o aumento na eficácia da aplicação. O trabalho tem como objetivo avaliar a retenção foliar do fungicida de contato mancozebe, em duas formulações, na interação com adjuvantes em folhas de soja. O delineamento experimental nos testes conduzidos foi inteiramente ao acaso com os tratamentos distribuídos no esquema fatorial  $6 \times 3 + 2$  (seis adjuvantes, em três concentrações diferentes, mais dois tratamentos controle) para cada formulação. Na avaliação da retenção foliar cada repetição foi constituída por um folíolo, em dez repetições, sendo avaliadas separadamente as superfícies abaxial e adaxial do mesmo folíolo. Os folíolos de soja foram pulverizados em ambas as superfícies com uma pistola de pintura com ar contínuo, em três concentrações dos adjuvantes, sendo a dose recomendada em bula, a metade e o dobro dessa dose recomendada. Para a superfície adaxial a formulação GD apresenta maiores volumes de líquido retido enquanto que para a superfície abaxial, em geral, a formulação não apresenta interferência significativa. No geral, maior retenção da calda foi constatada na superfície abaxial do folíolo de soja, com destaque para caldas fungicidas contendo o polímero natural J-S e o óleo mineral Argenfrut.

**Palavras-chave:** Propriedades físico-químicas. Pulverização. Fungicida de contato.

## CHAPTER 1 – SPRAY RETENTION OF MANCOZEBE UNDER ADJUVANTS INFLUENCE ON SOYBEAN CROP

### ABSTRACT

The addition of adjuvants to the tank mix is an agriculture practice used to enhance the application efficacy in plant protection and used very often when associated with multisite fungicides. Thus, this study aimed to evaluate the foliar retention of mancozeb fungicide, in the WP and WG formulations, mixed with adjuvants on soybean leaves. The experimental design on the trials was completely randomized and the treatments distributed on factorial scheme  $6 \times 3 + 2$  (six adjuvants, three different adjuvant concentrations and two control treatments) for each formulation. To evaluate the foliar retention each repetition was constituted by one leaflet, within ten replications. Each leaflet surface was evaluated individually, adaxial and abaxial. The leaflets were sprayed on both surfaces with a hand held micro-sprayer in three adjuvant concentrations, that one recommended by the manufacturer, double and half of that recommended concentration. On the adaxial surface, the WG formulation has higher volumes of liquid retained while for the abaxial surface, in general, the formulation does not present significant interference. In most cases, greater retention of the spray mixture was found on the abaxial surface of the soybean leaflet, with emphasis on those containing the natural polymer J-S and the mineral oil Argenfrut.

**Key words:** Physicochemical properties. Spraying. Contact fungicide.

## 1.1 INTRODUÇÃO

Em proteção de plantas ainda prevalece o uso de produtos fitossanitários. A retenção da calda de pulverização na superfície foliar é necessária para maximizar a atividade de ação dos produtos fitossanitários, pois isso aumenta a quantidade de ingrediente ativo potencialmente disponível e capaz de atingir o sítio de ação. De maneira geral, retenção é a fração das gotas de pulverização que permanece sobre o alvo a ser atingido e define a quantidade de ingrediente ativo sobre o mesmo. É dependente da interação complexa entre as gotas de pulverização e a superfície da planta, sendo um dos fatores as características físico-químicas da calda de pulverização (MASSINON; LEBEAU 2013; YAO et al., 2014).

O uso de adjuvantes para melhorar a performance dos produtos fitossanitários constitui prática cada vez mais usual, sendo eles utilizados nas misturas em tanque ou em produtos formulados. Os adjuvantes podem influenciar a retenção foliar e a deposição das gotas de pulverização na superfície foliar. Quando a gota impacta a folha, três possíveis resultados podem ocorrer: adesão, ricocheteio ou fracionamento (ZWERTVAEGHER et al., 2014). O uso do adjuvante correto em mistura com o produto fitossanitário pode contribuir aumentando a eficiência da aplicação (ALVES; CUNHA, 2014; SASAKI et al., 2015).

Entre as diferentes classes de adjuvantes, os surfatantes têm papel importante na retenção foliar, uma vez que, suas propriedades aumentam a deposição em folhas que possuem difícil molhamento, fazendo com que gotas que contenham surfatante adiram à superfície foliar pela parte hidrofílica da molécula que se liga as ceras epicuticulares da folha (YAO et al., 2014).

O uso de adjuvantes oleosos na mistura em tanque tem por função melhorar a adesão e penetração dos produtos fitossanitários junto à superfície foliar, podendo aumentar o potencial de eficácia do produto pela redução dos efeitos de remoção devido à chuva, além de formar um filme protetor dos ingredientes ativos sobre os alvos (RAETANO; CHECHETTO, 2019).

Adjuvantes poliméricos, uma vez em contato com as plantas, formam uma fina camada na superfície foliar. Em geral, esses adjuvantes não influenciam na tensão superficial, porém atuam melhorando a retenção foliar (YAO et al., 2014).

A escolha da formulação de um produto fitossanitário é também importante na melhoria da aplicação, pois, geralmente os ingredientes ativos em seu estado natural não são eficazes no controle (MASSINON; LEBEAU, 2013).

Estudos que visam avaliar a influência de adjuvantes na retenção foliar (MATUO; BABA, 1981; CAÇÃO et al., 2019) são realizados muitas vezes apenas com os adjuvantes em solução, porém outros componentes da formulação como emulsificantes podem modificar as propriedades físico-químicas da calda de pulverização. O estudo do adjuvante isolado da calda de pulverização pode não representar a situação real a campo (YAO et al., 2014).

Portanto, o objetivo ao realizar esse trabalho foi o de avaliar a retenção foliar em folíolos de soja do fungicida mancozebe em duas formulações, sendo pó molhável e granulado dispersível, quando associado com diferentes adjuvantes.

## **1.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1 Semeadura e condução das plantas**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, situados no Departamento de Proteção Vegetal, FCA-Unesp, Botucatu, SP.

A soja foi semeada no dia 15/08/2019 em vasos com capacidade de 1,8 L contendo o substrato composto pela mistura na proporção 3:3:1 (solo, areia, esterco), o qual foi homogeneizado juntamente com o formulado N-P-K (4-14-8) na dosagem de 3 g L de solo<sup>-1</sup>. A variedade utilizada foi a BMX Potência. Após a semeadura, uma camada de 2,0 cm de substrato (Carolina Soil®) foi colocada sobre as sementes com o intuito de uniformizar a germinação. As plantas foram conduzidas em casa de vegetação até o estágio V6, segundo a escala de Fehr e Caviness (1977), estágio de desenvolvimento em que o manejo com fungicidas inicia-se em algumas regiões produtoras. Assim, no dia 13/11/2019, 41 dias após a emergência (DAE) foi realizada a aplicação de todos os tratamentos.

### **1.2.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental nos testes conduzidos foi inteiramente ao acaso com os tratamentos distribuídos no esquema fatorial 6 x 3 + 1 (seis adjuvantes, em 3 concentrações diferentes, mais um tratamento controle), em dez repetições. Os adjuvantes foram adicionados à calda de pulverização contendo o fungicida mancozebe em duas formulações, pó-molhável (PM) e granulado dispersível (GD). Os testes foram conduzidos separadamente para cada formulação do fungicida, sendo

18 tratamentos para cada formulação, mais o tratamento controle (fungicidas sem adição de adjuvantes). Os adjuvantes e fungicidas utilizados nos testes estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Produtos comerciais, ingredientes ativos, fabricantes, concentração e dose utilizados nas aplicações das caldas de pulverização.

<b>Fungicidas</b>				
Produto comercial (p.c.)	Ingrediente ativo (i.a.)	Fabricante	Concentração i.a. (g kg <sup>-1</sup> )	Dose p.c. (kg ha <sup>-1</sup> )
Eleve® (PM)	Mancozebe	Ouro Fino	800	2,0
Unizeb Gold® (GD)	Mancozebe	UPL	750	2,0
<b>Adjuvantes</b>				
Produto comercial	Composição	Fabricante	Concentração i.a. (g L <sup>-1</sup> )	Dose de p.c. % (v/v)
Agr' óleo	Éster de ácido graxo	Gota	892	0,25; 0,5; 0,125
Silwet	Organossilicone	Rizobacter	837	0,05; 0,1; 0,025
J-S	Polímero natural	Solvay	-	0,1; 0,2; 0,05*
Argenfrut	Óleo mineral	Defensive Agrovant	845,75	0,5; 1; 0,25
Assist	Óleo mineral	BASF	756	0,5; 1; 0,25
Agral	NonilFenoxi Poli (Etilenoxi) Etanol	Syngenta	200	0,03; 0,06; 0,015

\* dose expressa em porcentagem (m/v).

### 1.2.3 Determinação da retenção foliar

Para cada teste, as aplicações foram feitas utilizando os adjuvantes em mistura com os respectivos fungicidas descritos na Tabela 1. Tanto a superfície abaxial quanto a adaxial dos folíolos de soja foram pulverizadas, separadamente, com as caldas de pulverização. A seleção das concentrações dos adjuvantes foi com base na dose recomendada pelo fabricante em bula, sendo: a dose recomendada pelo fabricante dos produtos (Tabela 1), a metade da dose e o dobro dela. Foram realizadas 10 repetições para cada superfície do folíolo de soja.

Para avaliação da retenção foliar, os folíolos de soja foram coletados das plantas de maneira que seu tamanho fosse o mais uniforme possível e identificados. Com o

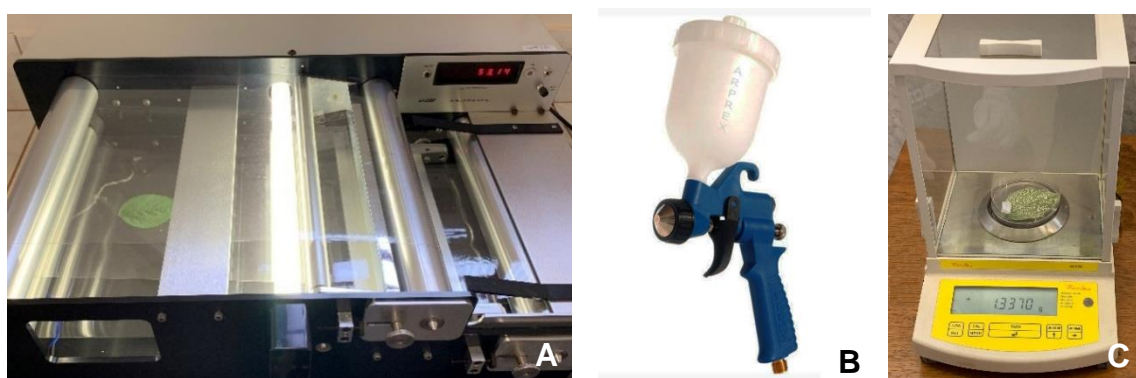


auxílio de um medidor de área foliar de bancada LICOR®, modelo LI-3100 – Area Meter, foi mensurada a área foliar de cada folíolo.

Para aplicação dos tratamentos, os folíolos através do pecíolo foram mantidos na posição vertical, e pulverizados até o ponto de máxima saturação foliar (escorrimento) para que houvesse uma padronização entre as repetições. Para isso foi utilizada uma pistola de pintura com ar contínuo (Figura 1), a 0,3 m de distância a pressão de 200 kPa, adaptado de Cação et al. (2019), com os adjuvantes e fungicidas previamente descritos na Tabela 1. A temperatura e umidade relativa do ar no momento das aplicações foi de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $55 \pm 5\%$ , respectivamente. Para que a perda de água dos folíolos não interferisse nos resultados, do destacamento dos folíolos das plantas até pulverização dos tratamentos, todas as etapas foram feitas de maneira ágil fazendo com que os folíolos não perdessem sua turgescência.

Antes e após cada aplicação, os folíolos foram pesados em balança analítica (Marte® AY220, com precisão de 0,001 g) e sua massa registrada, de modo que a diferença entre os valores das duas pesagens corresponde ao líquido retido em cada folíolo (MATUO; BABA, 1981 adaptado). Com a quantidade de líquido pesado na balança e a respectiva área foliar de cada folíolo foi possível estimar a quantidade de líquido retido por centímetro quadrado da superfície foliar ( $\mu\text{L cm}^2$ ).

**Figura 1** – Medição da área foliar (a); pistola de ar contínuo (b); pesagem da folha após a aplicação (c).



#### 1.2.4 Análise estatística

Os valores médios obtidos para mensurar a retenção foliar foram analisados em esquema fatorial  $(6 \times 3) + 1$ , sendo seis adjuvantes em três concentrações diferentes, mais um tratamento adicional (pulverização apenas da calda do fungicida sem adjuvantes), para cada formulação do fungicida mancozebe. Os resultados foram

submetidos à ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e os tratamentos adicionais pelo teste de Dunnet ( $P < 0,05$ ), com o auxílio do software estatístico Minitab (MINITAB Inc. Statistical Software Data Analysis Software v.16) e Agroestat (BARBOSA; MALDONADO, 2009).

### 1.2.5 Determinação da Tensão Superficial Dinâmica (TSD)

A tensão superficial dinâmica das caldas foi avaliada utilizando um tensiômetro marca Krüss, modelo Bubble Pressure BP2, conforme Figura 2. O equipamento possui um sistema de injeção de ar o qual foi utilizado o gás nitrogênio (99,8% de pureza), que permite a formação de bolhas na solução de amostra formada na extremidade de um capilar. O sensor do tensiômetro é conectado a um computador para armazenamento e análise dos dados por meio de software específico.

**Figura 2** - Tensiômetro (Krüss, modelo BP2) utilizado para avaliação da tensão superficial dinâmica das soluções.



A tensão superficial dinâmica (TSD) foi avaliada em amostra contendo 100 mL de calda na dose recomendada em bula pelo fabricante. A medição iniciava-se automaticamente a partir dos 30 ms (milissegundos) de funcionamento do tensiômetro e cessava aos 1000 ms, tempo suficiente para que a TSD da calda atingisse seu valor mínimo. Os dados obtidos foram expressos em  $\text{mN m}^{-1}$ . Os resultados obtidos no tempo de 1000 ms foram submetidos à análise de correlação de Pearson ( $r$ )

juntamente com os dados de retenção foliar, na mesma dose, com o intuito de elucidar qual grau de relação linear entre essas duas medidas.

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a superfície adaxial, na formulação GD, considerando a dose recomendada, os adjuvantes que possibilitaram maior retenção de calda na superfície foliar, foram J-S e Argenfrut. Na formulação PM, o que resultou em maior retenção foi apenas o adjuvante J-S. Em ambas as superfícies foliar, porém considerando o dobro da dose, nas duas formulações de fungicida utilizadas, o adjuvante que proporcionou maior retenção da calda foi o polímero natural J-S. Considerando metade da dose recomendada, os adjuvantes que obtiveram a maior quantidade de calda retida foram Argenfrut, Agral e J-S em ambas as superfícies foliares e formulações do fungicida (Tabela 2).

Fica evidente o potencial de aumento na retenção foliar da calda quando adicionado o polímero natural J-S. Segundo Yao et al. (2014), adjuvantes a base de polímeros possuem diferentes tipos de mecanismos que interferem na retenção foliar, diferentemente de outros adjuvantes, como os surfactantes, que interferem significativamente na tensão superficial dos líquidos. Ainda, segundo os autores, adjuvantes a base de polímeros podem reduzir a elasticidade na superfície das gotas fazendo com que elas tenham uma tendência menor ao ricocheteio quando em contato com a superfície foliar.

Ao comparar a quantidade de calda retida com diferentes formulações do fungicida, nota-se que a interação é singular entre cada adjuvante e a formulação, além da dose. Contudo, em média, considerando todas as doses, a formulação que possibilita maior retenção da calda na superfície adaxial do folíolo de soja é a formulação GD em água (Tabela 2). Além do ingrediente ativo, um agente molhante pode estar em presente no produto formulado, variando entre 1-5% v/v de sua composição entre outros componentes tanto na formulação PM quanto WG (KNOWLES, 2008), que podem interferir na retenção foliar da calda de pulverização.

Na superfície abaxial, quando comparadas as médias de todos os tratamentos contendo o fungicida na formulação PM e todos contendo o mancozebe na formulação GD, nota-se que os valores para retenção foliar não são significativamente diferentes, mostrando que para essa superfície foliar, em geral, a formulação não tem papel

significativo, embora, existam adjuvantes que possuem interação diferente de acordo com cada formulação e sua respectiva dose (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores médios de retenção foliar ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) da calda de pulverização contendo o fungicida mancozebe nas formulações PM e GD, em mistura com adjuvantes em diferentes concentrações do produto comercial em água, nas superfícies adaxial e abaxial dos folíolos de soja.

Tratamentos	Dose	Superfície adaxial		Superfície abaxial	
		Formulação GD	Formulação PM	Formulação GD	Formulação PM
Mancozebe		13,95 <sup>α</sup>	11,55 <sup>β</sup>	26,35 <sup>γ</sup>	25,07 <sup>δ</sup>
Assist	Dose	6,33 fgA	4,47 dB	8,95 defgA	7,32 efA
Agral		8,86 defB	12,97 bA <sup>β</sup>	16,40 cB	19,65 cA
Silwet		6,22 fgA	4,93 dA	7,61 efgA	5,81 fA
Aureo		7,10 fgA	4,12 dB	10,88 deA	7,12 efB
J-S		13,90 bB <sup>α</sup>	16,91 aA	19,72 bcB	23,43 abA <sup>δ</sup>
Argenfrut		11,99 bcA <sup>α</sup>	11,70 bcA <sup>β</sup>	25,67 aA <sup>γ</sup>	20,29 bcA
Assist	2 x dose	5,98 gA	4,24 dB	8,63 defgA	7,23 efA
Agral		8,43 efgA	9,27 cA <sup>β</sup>	11,84 dB	15,83 dA
Silwet		6,76 fgA	5,40 dA	6,05 gA	6,47 fA
Aureo		6,15 gA	3,95 dB	8,89 defgA	6,77 efB
J-S		19,76 aA	18,76 aA	28,29 aA <sup>γ</sup>	24,95 aA <sup>δ</sup>
Argenfrut		11,10 cdeB	12,75 bA <sup>β</sup>	20,23 bA	19,18 cdA
Assist	½ dose	6,71 fgA	4,86 dB	9,61 defgA	10,26 eA
Agral		10,40 cdeA	11,25 bcA <sup>β</sup>	21,01 bA	20,46 bcA
Silwet		6,01 gA	5,27 dA	6,91 fgA	7,93 efA
Aureo		7,33 fgA	4,43 dB	10,10 defA	7,96 efB
J-S		11,39 bcdA	11,97 bcA <sup>β</sup>	18,56 bcB	24,46 aA <sup>δ</sup>
Argenfrut		12,77 bcA <sup>α</sup>	11,15 bcB <sup>β</sup>	19,41 bcA	17,95 cdA
Média		9,29 A	8,80 B	14,37 A	14,06 A
Causa da Variação		Teste F			
Adjuvante (A)		116,26**		175,53**	
Formulação (F)		7,24**		1,68 <sup>ns</sup>	
A x F		6,54**		8,19**	
DMS na coluna (5%)		2,7056		3,6425	
DMS na linha (5%)		1,5136		2,0378	
CV (%)		18,62		15,63	

<sup>ns</sup>: Não significativo; \*\*significativo pelo teste F ( $P < 0,01$ ). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam valores entre formulações (linha) na mesma superfície foliar. Letras minúsculas comparam valores entre adjuvantes (coluna) na mesma formulação. <sup>α</sup>; <sup>β</sup>; <sup>γ</sup>; <sup>δ</sup>: não difere do controle (na coluna) pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ). DMS média superfície adaxial (5%): 0,3568. DMS média superfície abaxial (5%): 0,4803.

Para os adjuvantes Assist, Aureo e Silwet o incremento ou diminuição da dose não demonstrou efeito significativo em relação à retenção foliar em ambas as superfícies e formulações. Os adjuvantes J-S e Argenfrut demonstraram em alguns casos potencial no incremento na retenção foliar da calda com o aumento da dose. Porém, o adjuvante Agral demonstrou em alguns casos diminuição na retenção de calda (Tabela 2).

Ao comparar os valores de retenção entre as superfícies adaxial e abaxial da folha, independente da dose do adjuvante, nota-se que a superfície abaxial reteve maior quantidade de calda, com exceção do tratamento em que o adjuvante Silwet é misturado com o fungicida mancozebe na formulação GD (Tabela 3). Cação et al. (2019), em trabalho similar com folhas de café constataram, diferentemente do presente trabalho, que para a maioria dos adjuvantes testados, não houve diferença significativa entre as superfícies abaxial e adaxial e atribuiu ao fato as características morfológicas entre as superfícies serem semelhantes.

**Tabela 3** - Valores médios de retenção foliar ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) da calda de pulverização contendo o fungicida mancozebe nas formulações GD e PM, em mistura com adjuvantes em diferentes concentrações em água, nas superfícies adaxial e abaxial dos folíolos de soja.

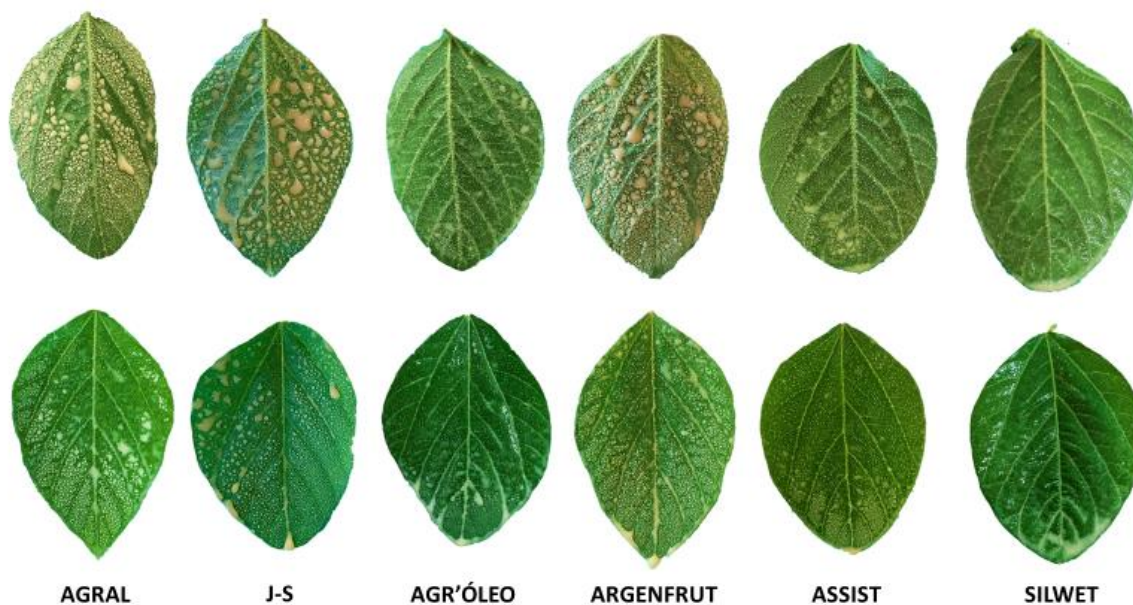
Tratamentos	Formulação GD				Formulação PM			
	Adaxial		Abaxial		Adaxial		Abaxial	
Assist	6,34	dB	9,06	cA	4,52	cB	8,27	cA
Agral	9,23	cB	16,41	bA	11,16	bB	18,64	bA
Silwet	6,33	dA	6,86	dA	5,20	cB	6,74	cA
Aureo	6,86	dB	9,95	cA	4,17	cB	7,28	cA
J-S	15,01	aB	22,19	aA	15,87	aB	24,28	aA
Argenfrut	11,95	bB	21,77	aA	11,87	bB	19,14	bA
Causa da Variação		Teste F						
Adjuvante (A)		187,54**			406,73**			
Superfície (S)		283,57**			441,31**			
A x S		22,46**			21,06**			
DMS na coluna (5%)		2,1206			1,7571			
DMS na linha (5%)		1,4554			1,2060			
CV (%)		24,22			20,78			

\*\*significativo pelo teste F ( $P < 0,01$ ). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam valores entre superfícies foliar (linha). Letras minúsculas comparam valores entre adjuvantes (coluna).

A diferença na retenção em ambas as superfícies foliar constatada no presente trabalho pode ser devido as macrorugosidades, nervuras foliares e tricomas (GASKIN; STEELE; FORSTER, 2005; GIMENES et al., 2013). Folhas que possuem nervuras mais proeminentes tendem a reter mais líquido, porém isso pode variar de acordo com a superfície da folha, abaxial ou adaxial, uma vez que as nervuras da folha tendem a ser mais proeminentes na superfície abaxial das folhas. Além disso, a quantidade e síntese de cera epicuticular presente nos folíolos pode ser diferente entre as superfícies (BAKER; HUNT, 1981). Gimenes et al. (2013) demonstraram que em folíolos de soja, há diferença significativa em relação ao molhamento foliar entre as superfícies abaxial e adaxial utilizando diferentes adjuvantes.

Pela Figura 3, é possível observar visualmente diferenças na retenção da calda contendo mancozebe na formulação GD em ambas as superfícies dos folíolos de soja. Para os adjuvantes J-S, Agral e Argenfrut é possível notar menor espalhamento das gotas na superfície foliar, quando comparados aos adjuvantes Agr'óleo, Assist e Silwet. Além disso, a figura evidencia também a diferença na retenção entre as superfícies foliares, onde a superfície adaxial do folíolo mostra menor retenção da calda de pulverização em relação a superfície abaxial.

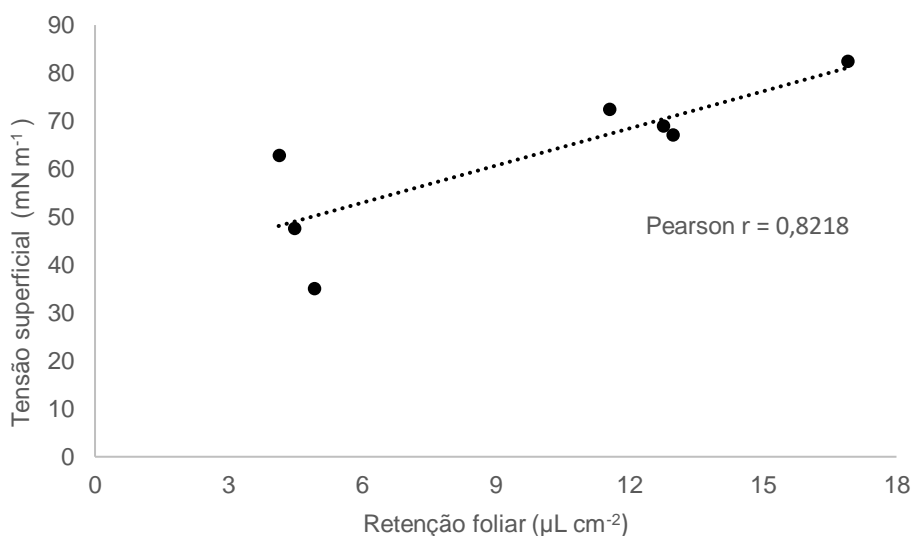
**Figura 3** – Retenção da calda de pulverização contendo mancozebe na formulação GD, em ambas as superfícies do folíolo de soja, respectivamente abaxial e adaxial.



Na análise de tensão superficial dinâmica (TSD) das caldas de pulverização contendo os adjuvantes em mistura com mancozebe (PM), no tempo de 1000 ms, constatou-se que o surfatante Silwet proporcionou o menor valor ( $35,1 \text{ mN m}^{-1}$ ); J-S proporcionou o maior valor de TSD ( $82,5 \text{ mN m}^{-1}$ ), enquanto os demais adjuvantes proporcionaram valores de TSD intermediários: Assist  $47,7 \text{ mN m}^{-1}$ ; Agr'óleo  $62,9 \text{ mN m}^{-1}$ ; Agral  $67,2 \text{ mN m}^{-1}$  e Argenfrut  $69,1 \text{ mN m}^{-1}$ , a calda somente com o mancozebe PM obteve valor para TSD de  $72,5 \text{ mN m}^{-1}$ .

Pela análise de correlação de Pearson de TSD com a retenção foliar na superfície adaxial dos folíolos de soja, na dose recomendada em bula, tem-se uma relação linear positiva ( $r = 0,8218$ ;  $p = 0,023$ ) (Figura 4).

**Figura 4** – Correlação entre os valores médios de TSD, no tempo de 1000 ms, e retenção foliar da calda de pulverização contendo mancozebe (PM) em mistura com os adjuvantes na superfície adaxial dos folíolos de soja.

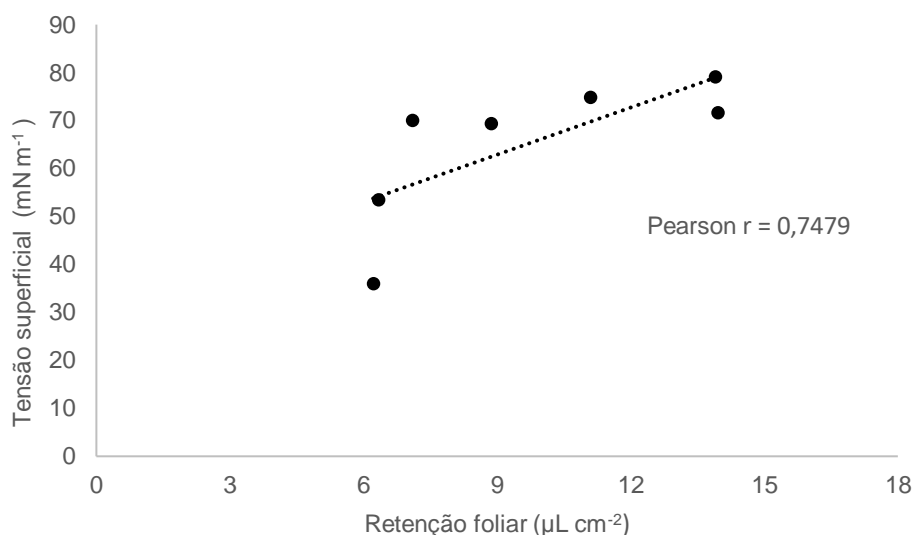


Na análise de tensão superficial dinâmica (TSD) da calda de pulverização contendo os adjuvantes em mistura com mancozebe (GD), no tempo de 1000 ms, o surfatante Silwet proporcionou o menor valor ( $36,0 \text{ mN m}^{-1}$ ) e J-S o maior valor ( $79,2 \text{ mN m}^{-1}$ ). Os demais adjuvantes proporcionaram valores intermediários de TSD: Assist  $53,5 \text{ mN m}^{-1}$ ; Agr'óleo  $70,1 \text{ mN m}^{-1}$ ; Argenfrut  $74,9 \text{ mN m}^{-1}$  e Agral  $69,4 \text{ mN m}^{-1}$ . A calda somente com o mancozebe GD obteve valor para TSD de  $71,7 \text{ mN m}^{-1}$ . Pela análise de correlação de Pearson da TSD com a retenção foliar das caldas de pulverização, na superfície adaxial dos folíolos de soja, na dose recomendada em

bula, tem-se uma relação linear positiva ( $r = 0,7479$ ;  $p = 0,7350$ ), conforme pode-se constatar na Figura 5.

A tensão superficial e o ângulo de contato da gota com a superfície do folíolo tem importante papel na adesão da calda de pulverização (TAYLOR, 2011). De maneira geral, a força de adesão/retenção entre a gota e a superfície deve ser maior que a energia cinética da gota para que a gota não ricocheteie. A retenção foliar possui forte correlação com a tensão superficial dinâmica da calda (ANDERSON; HALL, 1989).

**Figura 5** – Correlação entre os valores médios de TSD, no tempo de 300 ms, e retenção foliar da calda de pulverização contendo mancozebe (GD) em mistura com os adjuvantes na superfície adaxial dos folíolos de soja.



A correlação positiva entre os valores de tensão superficial e a retenção foliar da calda auxilia a compreender melhor o desempenho dos adjuvantes, uma vez que a diminuição da tensão superficial aumenta a área de molhamento foliar (COSTA et al., 2015; MELO et al., 2019; PRADO et al., 2016; CAÇÃO et al., 2019).

Para culturas como a soja que possuem superfícies foliares de difícil molhamento foliar (YAO et al., 2014) devido as suas características morfológicas, quanto menor a tensão superficial da calda de pulverização e conseqüentemente, menor ângulo de contato formado, maior será o molhamento foliar (TANG; DONG; LI, 2008; TAYLOR, 2011). Com o aumento da área de molhamento foliar, a tendência ao escorrimento também aumenta fazendo com que a retenção da calda na folha seja menor (XU et



al., 2010). Mendonça et al. (1999) concluíram que os maiores valores de molhamento em folíolos de soja foram obtidos com os valores mínimos de tensão superficial.

O processo de retenção foliar mostra-se dinâmico, envolvendo múltiplos fatores, não podendo ser considerado apenas a TSD, a superfície foliar e suas características morfológicas, mas também o ângulo de contato da gota com a folha e a interação desses fatores devem ser levados em consideração.

#### **1.4 CONCLUSÕES**

Nas condições experimentais pode-se constatar que:

Cada adjuvante possui interação distinta com o fungicida mancozebe na retenção foliar da calda de pulverização em folíolos de soja e essa diferença pode ser notada entre as superfícies abaxial e adaxial. Para a superfície adaxial a formulação GD apresenta maiores volumes de líquido retido enquanto que para a superfície abaxial, em geral, a formulação não apresenta interferência significativa;

No geral, maior retenção da calda foi constatada na superfície abaxial do folíolo de soja, com destaque para caldas fungicidas contendo o polímero natural J-S e o óleo mineral Argenfrut.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. da. Field data and prediction models of pesticide spray drift on coffee crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 49, n. 8, p.622-629, ago. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2014000800006>.
- BAKER, E. A.; HUNT, G. M. Developmental changes in leaf epicuticular waxes in relation to foliar penetration. **New Phytologist**, [s.l.], v. 88, n. 4, p.731-747, ago. 1981. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1981.tb01750.x>.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat versão 1.0 - Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, 2009.
- CAÇÃO, J. E. da C. R. et al. Spray retention on coffee leaves associated with type and concentration of adjuvants. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.623-629, out. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n5p623-629/2019>.
- CARVALHO, F. K. et al. Viscosity, surface tension and droplet size of sprays of different formulations of insecticides and fungicides. **Crop Protection**, [s.l.], v. 101, p.19-23, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.07.014>.
- COSTA, N. V. et al. Efeito de adjuvantes em soluções com fungicida na tensão superficial e na área de molhamento de gotas depositadas nas faces foliares da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 39, n. 5, p.623-629, jul. 2019.
- FEHR, W. R; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
- GASKIN, R.E.; STEELE, K.D.; FORSTER, W.A. Characterising plant surfaces for spray adhesion and retention. **New Zealand Plant Protection**, [s.l.], v. 58, p.179-183, 1 ago. 2005. New Zealand Plant Protection Society. <http://dx.doi.org/10.30843/nzpp.2005.58.4244>.
- GIMENES, M.J. et al. Dispersion and evaporation of droplets amended with adjuvants on soybeans. **Crop Protection**, [s.l.], v. 44, p.84-90, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2012.10.022>.
- GODOY, C.V. et al. Doenças da soja. In: AMORIM, L. et al. **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. p. 657-676.
- KNOWLES, A. Recent developments of safer formulations of agrochemicals. **The Environmentalist**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.35-44, 25 ago. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10669-007-9045-4>.

MASSINON, M.; LEBEAU, F. Review of physicochemical processes involved in agrochemical spray retention. **Biotechnol. Agron. Soc. Environ**, [s.l.], v. 3, n. 17, p.494-504, 2013.

MATUO, T.; BABA, K. J. Retenção de líquido pelas folhas de citros em pulverização a alto volume. **Científica**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 97-104, 1981.

MENDONÇA, C.G. de; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C.G. de Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.355-366, 1999.

ANDERSON, N. H.; HALL, D. J. In: FOY, C.I. (Ed.). **Adjuvants in Agrochemical**. Boca Raton: CFC Press, 1989.

PRADO, E.P. et al. Effects of agricultural spray adjuvants in surface tension reduction and spray retention on Eucalyptus leaves. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 11, n. 40, p.3959-3965, 6 out. 2016. Academic Journals. <http://dx.doi.org/10.5897/ajar2016.11349>.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R. G. Adjuvantes e formulações. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 29-40.

SASAKI, R. S. et al. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 45, n. 2, p.274-279, 4 nov. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131604>.

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, [s.l.], v. 325, n. 1, p.223-227, set. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2008.05.055>.

TAYLOR, P. The wetting of leaf surfaces. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.326-334, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cocis.2010.12.003>.

XU, L. et al. Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactant at different locations on waxy leaf surfaces. **Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 106, n. 1, p.58-67, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.02.004>.

YAO, C. et al. Spray Retention of Crop Protection Agrochemicals on the Plant Surface. In: MYUNG, K. et al. **Retention, uptake, and translocation of agrochemicals in plants ACS Symposium Series**. Washington: American Chemical Society, 2014. Cap. 1. p. 1-22.

ZWERTVAEGHER, I. K. et al. The impact and retention of spray droplets on a horizontal hydrophobic surface. **Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 126, p.82-91, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.07.013>.

## CAPÍTULO 2 - VARIAÇÃO DA TAXA DE APLICAÇÃO DE MANCOZEBE EM MISTURA COM ADJUVANTES NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA

### RESUMO

A ferrugem da soja é conhecida por grandes danos a cultura, levando a perdas que podem chegar a 80% no campo. Dentre as formas de controle, o uso de defensivos agrícolas é o mais empregado no Brasil, no início com fungicidas com sítio de ação específico e posteriormente com esses fungicidas associados aqueles com sítios de ação múltiplos. Para obter melhor performance da pulverização dos produtos fitossanitários e a otimização da capacidade operacional dos equipamentos, o uso de adjuvantes e a redução do volume de aplicação têm sido frequentemente empregados no campo. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar o controle da ferrugem da soja sob variação da taxa de aplicação do fungicida mancozebe em mistura com adjuvantes. O delineamento experimental nos testes conduzidos foi inteiramente ao acaso com tratamentos distribuídos no esquema fatorial  $7 \times 2 + 1$  (sete caldas de pulverização, em duas taxas de aplicação, mais um tratamento controle), com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação. Os tratamentos foram aplicados em sistema de pulverização a  $50 \text{ L ha}^{-1}$  e velocidade de  $7,5 \text{ km h}^{-1}$  e a  $120 \text{ L ha}^{-1}$  e velocidade de  $3,12 \text{ km h}^{-1}$ , ambos à pressão de  $190 \text{ kPa}$ . A redução da taxa de aplicação para  $50 \text{ L ha}^{-1}$  e a associação do fungicida mancozebe com adjuvantes pode influenciar a severidade da ferrugem da soja, contudo, de maneira geral, se considerar apenas a redução da taxa de aplicação, de  $120 \text{ L ha}^{-1}$  para  $50 \text{ L ha}^{-1}$ , não há interferência no controle da doença, principalmente no início da enfermidade.

**Palavras chave:** *Phakopsora pachyrhizi*. Fungicida. Tecnologia de aplicação.

## CHAPTER 2 - APPLICATION RATE VARIATION OF MANCOZEB MIXED WITH ADJUVANTS ON SOYBEAN RUST CONTROL

### ABSTRACT

Soybean rust is the most important disease and responsible by higher damage in the crop, reaching up to 80% in losses. Among the methods of control, the most used in Brazil is the chemical, initially with single-site fungicides and after mixed with multisite inhibitors fungicides. To obtain the better performance on pesticide and the optimization of operational capacity of spraying equipment the use of adjuvants and the application rate reduction are often used in the field. Thereby, the aim of this study was to evaluate the soybean rust control under different volume rates of mancozeb spraying mixed with adjuvants. The experimental design of the trials was completely randomized and the treatments distributed on factorial scheme  $7 \times 2 + 1$  (seven spray mix, two different application rates plus one control treatment), within four replications, each one of them represented by one plant only. The experiment was conducted in greenhouse. The treatments were sprayed in a spraying system at  $50 \text{ L ha}^{-1}$  and the displacement velocity of  $7.5 \text{ km h}^{-1}$  and at  $120 \text{ L ha}^{-1}$  with the displacement velocity of  $3.12 \text{ km h}^{-1}$ , both at  $190 \text{ kPa}$  of work pressure. The reduction of the application rate to  $50 \text{ L ha}^{-1}$  and the association of the fungicide mancozebe with adjuvants can influence the severity of soybean rust, however, in general, if we consider only the reduction of the application rate, of  $120 \text{ L ha}^{-1}$  to  $50 \text{ L ha}^{-1}$ , there is no interference in disease control, especially on early stages of the disease.

**Key words:** *Phakopsora pachyrhizi*. Fungicide. Application technology.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem ganhado cada vez mais importância para a economia brasileira, com produção estimada para a safra agrícola 2019/2020 de 120 milhões de toneladas e área plantada de 36 milhões de hectares na safra agrícola 2019/2020 (CONAB,2019). Da mesma maneira, a ferrugem da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* é uma das principais doenças da cultura devido sua agressividade na cultura e seu difícil controle.

As principais técnicas de manejo da doença envolvem a adoção do vazio sanitário, cultivares precoces, cultivares que apresentam genes de resistência, semeadura no início da época recomendada e, principalmente, o controle químico com fungicidas (GODOY et al., 2019).

Os principais fungicidas utilizados no controle da ferrugem da soja estão compreendidos entre os grupos dos triazois, estrobilurinas e carboxamidas. No entanto, a intensificação do uso desses fungicidas após a introdução da ferrugem da soja no Brasil, no ano de 2001, a resistência ou menor sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* a esses grupos de fungicidas já foi relatada no país (SCHMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; SIMÕES et al., 2018).

Em contrapartida aos fungicidas que inibem um único sítio de ação, fungicidas com múltiplos sítios de ação têm sido recomendados como estratégia anti-resistência. Ingredientes ativos como clorotalonil, sulfato de cobre e mancozebe, com destaque para esse último, que possuem baixo risco de resistência, têm sido utilizados no controle da ferrugem da soja (GODOY et al., 2016).

Devido ao aspecto protetor e ação preventiva dos fungicidas multi-sítio, a adequada distribuição da calda sobre a folha tem grande importância na eficácia de controle da doença (GODOY et al., 2018; ALVES; JULIATTI, 2018).

Em busca da maior eficiência operacional, a redução do volume de calda aplicado nas lavouras tem se tornado prática recorrente na agricultura. O volume de aplicação ou taxa de aplicação é definido como a quantidade de calda que será distribuída por área (MATUO, 1990). Contudo, a alteração da taxa de aplicação pode impactar sua distribuição sobre o alvo, uma vez que essa alteração implica em aumentar ou diminuir a quantidade de diluente, sem alterar a dose recomendada, portanto, modificando a concentração da calda (COURSHEE, 1967; MATUO, 1990; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014; COSTA et al., 2015; PRADO et al., 2015).

Aliado à redução do volume de calda, outra técnica que pode melhorar a eficiência da aplicação do produto fitossanitário é o uso de adjuvantes que podem ser adicionados à formulação dos produtos fitossanitários ou à calda, podendo atuar na formação das gotas (pulverização), na interação biológica do ingrediente ativo com o alvo e sua dinâmica no ambiente (RAETANO; CHECHETTO, 2019). Assim, o objetivo do trabalho é avaliar o controle da ferrugem da soja sob variação da taxa de aplicação do fungicida mancozebe em mistura com adjuvantes.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Semeadura e condução das plantas**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, situados no Departamento de Proteção Vegetal, FCA-Unesp, Botucatu, SP.

A soja foi semeada no dia 15/08/2019 em vasos com capacidade de 1,8 L contendo o substrato composto pela mistura na proporção 3:3:1 (solo, areia, esterco), o qual foi homogeneizado juntamente com o formulado N-P-K (4-14-8) na dose de 3 g L<sup>-1</sup> de solo. A variedade utilizada foi a BMX Potência. Após a semeadura, uma camada de 2,0 cm de substrato (Carolina Soil®) foi colocada sobre as sementes como intuito de uniformizar a germinação. As plantas foram conduzidas em casa de vegetação até o estágio V6, segundo a escala de Fehr e Caviness (1977), estágio de desenvolvimento em que o manejo com fungicidas inicia-se em algumas regiões produtoras. Assim, no dia 11/12/2019, 40 dias após a emergência (DAE) foi realizada a aplicação de todos os tratamentos.

### **2.2.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental nos testes conduzidos foi inteiramente ao acaso com os tratamentos distribuídos esquema fatorial 7 x 2 + 1 (sete caldas de pulverização, em duas taxas de aplicação, mais um tratamento controle), com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta. Os adjuvantes foram adicionados à calda de pulverização contendo o fungicida mancozebe na formulação



pó-molhável (PM). As taxas de aplicação utilizadas foram 50 L ha<sup>-1</sup> e 120 L ha<sup>-1</sup>. Os adjuvantes e fungicida utilizados nos testes estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Produtos comerciais (p.c.), ingredientes ativos (i.a.), fabricantes, concentração do i.a. e dose utilizados nas aplicações das caldas de pulverização.

<b>Fungicidas</b>				
Produto comercial (p.c.)	Ingrediente ativo (i.a.)	Fabricante	Concentração de i.a. (g kg <sup>-1</sup> )	Dose de p.c. (kg ha <sup>-1</sup> )
Eleve® (PM)	Mancozebe	Ouro Fino	800	2,0
<b>Adjuvantes</b>				
Produto comercial	Composição	Fabricante	Concentração de i.a. (g L <sup>-1</sup> )	Dose de p.c. % (v/v)
Agr' óleo	Éster de ácido graxo	Gota	892	0,25; 0,5; 0,125
Silwet	Organossilicone	Rizobacter	837	0,05; 0,1; 0,025
J-S	Polímero natural	Solvay	-	0,1; 0,2; 0,05*
Argenfrut	Óleo mineral	Defensive Agrovant	845,75	0,5; 1; 0,25
Assist	Óleo mineral	BASF	756	0,5; 1; 0,25
Agral	NonilFenoxi Poli (Etilenoxi) Etanol	Syngenta	200	0,03; 0,06; 0,015

\* dose expressa em porcentagem (m/v).

### 2.2.3 Aplicação

As caldas de pulverização foram preparadas em garrafas PET de 2,0 L contendo os adjuvantes e o fungicida descritos na Tabela 1. Os tratamentos foram aplicados, de maneira preventiva, em sistema de pulverização com controle de velocidade e pressão de trabalho (Figura 1). Em ambas as taxas, foram utilizadas pontas de pulverização de jato plano, modelo XR, TeeJet®, do tipo 11001 (XR11001), produzindo gotas finas de acordo com as especificações no catálogo do fabricante, espaçadas de 0,50 m na barra de pulverização, com apenas dois bicos abertos no momento da aplicação. Para a taxa de 50 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a velocidade de 7,5 km h<sup>-1</sup> e para 120 L ha<sup>-1</sup> a velocidade de 3,12 km h<sup>-1</sup>, com a pressão de trabalho de 190 kPa em ambas as condições operacionais. A temperatura e umidade relativa do ar no momento das aplicações foi de 24 ± 2°C e 50 ± 5%, respectivamente.

**Figura 1** – Sistema de pulverização utilizado na aplicação dos tratamentos.



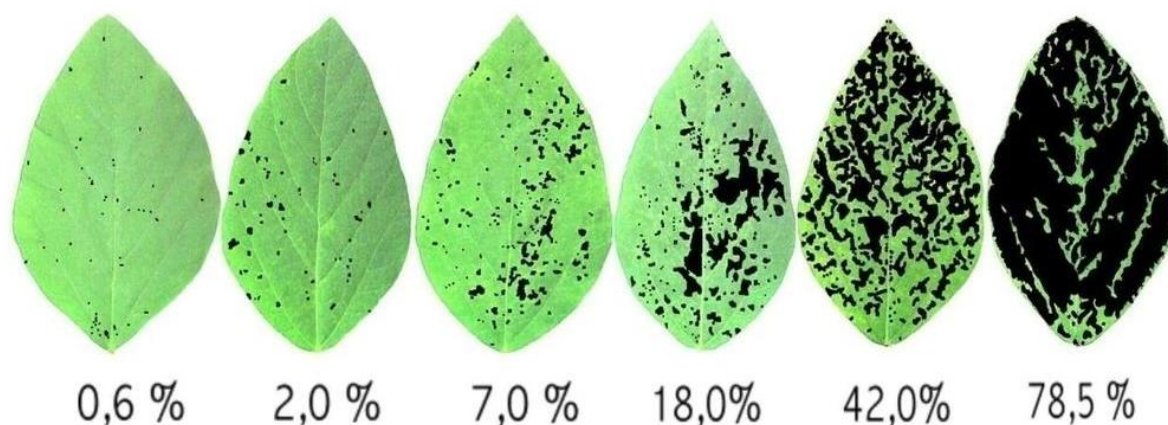
#### **2.2.4 Inoculação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi***

Os esporos foram coletados de plantas da variedade BMX Potência. Após confirmação dos urediniósporos em microscópio óptico pela morfologia característica, eles foram coletados. Para determinação da viabilidade dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* uma suspensão de esporos de 100  $\mu\text{L}$  foi transferida para placa de Petri contendo o meio de cultura ágar-água e mantida a temperatura ambiente por 24 horas no escuro. Após isso, a germinação de 100 urediniósporos em quatro campos distintos da placa contendo o meio de cultura foram contados em microscópio óptico. O método de inoculação empregado foi o de aspersão manual, com um borrifador, da suspensão de urediniósporos com 25 mL planta<sup>-1</sup> na concentração de  $10^5$  esporos mL<sup>-1</sup>. A inoculação foi realizada 24 horas após a aplicação dos tratamentos. A alta umidade, essencial para infecção, foi obtida mantendo-se as plantas inoculadas em ambiente com saturação da umidade por 24 horas a temperatura de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ . Após as inoculações, as plantas foram mantidas em ambiente com umidade controlada por nebulização até o aparecimento dos primeiros sintomas da doença e a rega realizada diretamente no solo evitando que as folhas fossem molhadas.

### 2.2.5 Avaliações

As avaliações para determinação da severidade e, conseqüentemente, do controle da doença foram feitas visualmente aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos por meio da porcentagem de área afetada pela doença com auxílio da escala diagramática proposta por Canteri e Godoy (2003) (Figura 2). De cada planta foram avaliados três folíolos, sem destacá-los, sendo da parte superior, média e inferior da planta.

**Figura 2** – Escala diagramática da ferrugem da soja (porcentagem de área afetada).



(CANTERI;GODOY, 2003)

Os dados da severidade da doença foram utilizados para a determinação da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Para isso, foram utilizados os valores médios da severidade da doença obtidos em quatro avaliações. A AACPD foi determinada conforme a Equação 1.

$$AACPD = \sum [(x_i + x_{i+1})/ 2 (t_{i+1} - t_i)] \quad (E1)$$

Onde: AACPD é a área abaixo da curva de progresso da doença,  $n$  é o número de avaliações,  $x$  é a severidade da doença e  $(t_{i+1} - t_i)$  é o intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas.

### 2.2.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, e com os

tratamentos adicionais pelo teste de Dunnet ( $P < 0,05$ ), com o auxílio do software estatístico Minitab (MINITAB Inc. Statistical Software Data Analysis Software v.16) e Agroestat (BARBOSA; MALDONADO, 2009).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises de severidade da doença, aos 7 DAA, para a taxa de aplicação de  $50 \text{ L ha}^{-1}$ , apenas os tratamentos que continham a mistura fungicida com os adjuvantes Silwet e Agral diferiram estatisticamente entre si, porém não diferiram dos demais tratamentos. A mistura contendo o adjuvante Silwet proporcionou menor controle da doença, com média de 6,25% de severidade e, aquela contendo o adjuvante Agral menor severidade da doença, com média de 1,25% de severidade (Tabela 2).

**Tabela 2** – Severidade da doença em porcentagem de área afetada, aos 7 DAA (02/01/2020) do fungicida mancozebe associado ou não a diferentes adjuvantes, em diferentes taxas de aplicação na cultura da soja, variedade BMX Potência.

Tratamentos	Taxa de aplicação ( $\text{L ha}^{-1}$ )	
	50	120
Controle	13,31 <sup>β</sup>	
Mancozebe	2,06 abB	6,50 aA
Silwet	6,25 aA	2,81 abB
Agral	1,25 bA	2,62 abA
Assist	2,81 abA	5,06 abA
Argenfrut	4,25 abA	3,87 abA
J-S	5,50 abA	1,81 bB
Aureo	4,87 abA	2,00 bB
Média	3,85 A	3,52 A
Causa da variação	Teste F	
Adjuvante (A)	1,39 <sup>ns</sup>	
Taxa de aplicação (T)	0,36 <sup>ns</sup>	
A x T	4,71 <sup>**</sup>	
DMS na coluna (5%) = 4,32		DMS na linha (5%) = 2,86

<sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*\*</sup>significativo pelo teste F ( $P < 0,01$ ). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de T (LSD) ( $P < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam valores entre taxas de aplicação (linha). Letras minúsculas comparam valores entre adjuvantes (coluna).<sup>β</sup> não difere do controle pelo teste de Dunnet ( $P < 0,05$ ). DMS média (5%) = 1,0829.

Aos 7 DAA, na taxa de  $120 \text{ L ha}^{-1}$ , o tratamento com maior valor médio de severidade da doença foi o que continha apenas mancozebe sem a presença de

adjuvantes, o qual diferiu estatisticamente dos tratamentos que continham os adjuvantes Aureo e J-S, respectivamente com valores médios de severidade de 2,0 e 1,81% (Tabela 2).

A redução da taxa de aplicação para os tratamentos contendo os adjuvantes Silwet, J-S e Aureo teve efeito prejudicial no controle da ferrugem da soja com aumento da severidade da doença. Para os tratamentos com os demais adjuvantes, a redução da taxa de aplicação não evidenciou efeito antagônico no controle da doença. Para o tratamento apenas com o fungicida mancozebe, a aplicação com taxa de 50 L ha<sup>-1</sup> obteve melhor controle da doença quando comparado a aplicação com maior taxa de aplicação. (Tabela 2).

Aos 14 DAA, os resultados para severidade da doença evidenciam que na taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, apenas o tratamento contendo na mistura o adjuvante Silwet, com maior média de severidade (10,81%), diferiu significativamente dos tratamentos contendo os adjuvantes Agral e Assist, com valores médios de severidade de 3,59 e 3,75%, respectivamente, bem como do tratamento contendo apenas mancozebe (Tabela 3).

**Tabela 3** - Severidade da doença em porcentagem de área afetada, aos 14 DAA (09/01/2020) do fungicida mancozebe associado ou não a diferentes adjuvantes, em diferentes taxas de aplicação na cultura da soja, variedade BMX Potência.

Tratamentos	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	
	50	120
Controle	19,31 <sup>β</sup>	
Mancozebe	3,06 bB	12,00 aA
Silwet	10,81 aA	6,37 abB
Agral	3,59 bA	4,34 bA
Assist	3,75 bA	7,25 abA
Argenfrut	7,62 abA	5,81 bA
J-S	8,87 abA	3,68 bB
Aureo	7,68 abA	3,75 bA
Média	6,49 A	6,17 A
Causa da variação	Teste F	
Adjuvante (A)	2,22*	
Taxa de aplicação (T)	0,17 <sup>ns</sup>	
A x T	6,55**	
DMS na coluna (5%) = 5,95	DMS na linha (5%) = 3,94	

<sup>ns</sup>: Não significativo; \* significativo pelo teste F (P<0,05); \*\*significativo pelo teste F (P< 0,01). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de T (LSD) (P<0,05). Letras maiúsculas comparam valores entre taxas de aplicação (linha). Letras minúsculas comparam valores entre adjuvantes (coluna). <sup>β</sup> não difere do controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). DMS média (5%) = 1,4911.

Na taxa de 120 L ha<sup>-1</sup>, o tratamento somente com mancozebe apresentou maior valor médio de severidade, quando comparado aos tratamentos contendo os adjuvantes Agral, Argenfrut, J-S e Aureo, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3). Quando comparadas as taxas de aplicação, os resultados mantiveram-se os mesmos da última avaliação (7 DAA), com exceção do tratamento contendo o adjuvante Aureo, que aos 14 DAA, não mostrou diferença significativa no controle da doença com a diminuição da taxa de aplicação (Tabela 3).

Aos 21 DAA, na taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, os tratamentos que diferiram estatisticamente entre si foram Agral, com 5,25% de severidade, daqueles contendo os adjuvantes J-S e Aureo, com valores médios de severidade 13,5 e 14,62%, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4** - Severidade da doença em porcentagem de área afetada, aos 21 DAA (16/01/2020) do fungicida mancozebe associado ou não a diferentes adjuvantes, em diferentes taxas de aplicação na cultura da soja, variedade BMX Potência.

Tratamentos	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	
	50	120
Controle	40,31 <sup>β</sup>	
Mancozebe	8,31 abA	9,94 abcA
Silwet	10,43 abA	12,94 abA
Agral	5,25 bA	8,5 bcA
Assist	9,25 abA	8,31 bcA
Argenfrut	9,25 abA	13,12 abA
J-S	13,50 aA	5,99 cB
Aureo	14,62 aA	16,06 aA
Média	10,09 A	10,69 A
Causa da variação	Teste F	
Adjuvante (A)	5,40**	
Taxa de aplicação (T)	0,47 <sup>ns</sup>	
A x T	2,81*	
DMS na coluna (5%) = 6,91		DMS na linha (5%) = 4,58

<sup>ns</sup>: Não significativo; \* significativo pelo teste F (P<0,05); \*\*significativo pelo teste F (P< 0,01). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de T (LSD) (P<0,05). Letras maiúsculas comparam valores entre taxas de aplicação (linha). Letras minúsculas comparam valores entre adjuvantes (coluna). <sup>β</sup> não difere do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05). DMS média (5%) = 1,7321.

Quando aplicados a 120 L ha<sup>-1</sup>, o tratamento com menor severidade da doença foi contendo o adjuvante J-S, com valor médio de severidade de 5,99%. Em contrapartida, o maior valor de severidade foi obtido no tratamento contendo o

adjuvante Aureo (16,06%). O único adjuvante em que foi evidenciada maior severidade da doença com redução da taxa de aplicação para 50 L ha<sup>-1</sup> foi o polímero vegetal J-S. (Tabela 4). Uma possível explicação para esse fato foi que durante a condução dos ensaios ao aplicar a calda foi observado que visualmente mudaram o tamanho das gotas. Nesse sentido, fungicidas como mancozebe que possuem baixa mobilidade na planta e ação protetora, a distribuição adequada da calda é fundamental para o controle eficaz do fungo (GODOY et al., 2018; SILVA et al., 2015; ALVES; JULIATTI, 2018). Devido ao aumento do tamanho das gotas, a distribuição pela superfície foliar ficou comprometida, bem como o controle da ferrugem da soja.

Aos 28 DAA, na taxa de 50 L ha<sup>-1</sup>, o tratamento contendo o adjuvante Silwet apresentou maior valor médio de severidade da doença (31,87%), diferindo dos demais tratamentos, os quais não apresentaram diferença significativa entre si. Já na taxa de 120 L ha<sup>-1</sup>, os tratamentos que diferiram entre si foram Agral, com valor médio de severidade de 16,87% dos tratamentos contendo os adjuvantes Silwet e Argenfrut, com valores de severidade da doença de 23,62 e 25,43%, respectivamente.

**Tabela 5** – Severidade da doença em porcentagem de área afetada, aos 28 DAA (23/01/2020) do fungicida mancozebe associado ou não a diferentes adjuvantes, em diferentes taxas de aplicação na cultura da soja, variedade BMX Potência.

Tratamentos	Taxa de aplicação (L ha <sup>-1</sup> )	
	50	120
Controle	64,06 <sup>β</sup>	
Mancozebe	22,87 bA	20,25 abA
Silwet	31,87 aA	23,62 aB
Agral	18,62 bA	16,87 bA
Assist	19,18 bA	19,37 abA
Argenfrut	21,31 bA	25,43 aA
J-S	24,12 bA	20,44 abA
Aureo	23,81 bA	21,06 abA
Média	23,12 A	21,01 B
Causa da variação	Teste F	
Adjuvante (A)	8,89**	
Taxa de aplicação (T)	6,81**	
A x T	3,11**	
DMS na coluna (5%) = 6,35		DMS na linha (5%) = 4,20

<sup>ns</sup>: Não significativo; \*\*significativo pelo teste F (P< 0,01). Médias seguidas pela mesma letra em cada comparação não diferem pelo teste de T (LSD) (P<0,05). Letras maiúsculas comparam valores entre taxas de aplicação (linha). <sup>β</sup> não difere do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05). DMS média (5%) = 1,5912

Ao comparar as duas taxas de aplicação, o único tratamento que obteve aumento significativo na severidade da doença quando reduzida a taxa de aplicação para 50 L ha<sup>-1</sup>, foi com o adjuvante Silwet (Tabela 5). Em estudo realizado por Roehrig et al. (2018), os resultados mostraram que a severidade da Ferrugem da soja diminuiu conforme a taxa de aplicação foi aumentada, principalmente quando o fungicida foi associado ao um surfactante.

De maneira geral, observando-se as média dos tratamentos, até os 21 DAA, independente do tratamento, a diminuição para 50 L ha<sup>-1</sup> não demonstrou aumento significativo da severidade da doença em relação aos tratamentos aplicados com a taxa de 120 L ha<sup>-1</sup>. De acordo com a capacidade de translocação na planta, o fungicida mancozebe é classificado como imóvel. Sendo assim, obter a máxima cobertura da pulverização sobre as folhas é desejável para um controle eficaz da doença (SILVA et al., 2015). Em estudo conduzido a campo, Souza (2019) constatou que menores taxas de aplicação resultam em menores coberturas, nos três extratos da planta. Contudo, no presente trabalho mesmo a menor taxa de aplicação proporcionou controle satisfatório 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, mesmo com a taxa de aplicação reduzida a 50 L ha<sup>-1</sup>.

Porém, aos 28 DAA, considerando a média de todos os tratamentos, a taxa de 120 L ha<sup>-1</sup>, obteve a menor média de severidade da doença, mostrando que quanto mais avançada está a doença a tendência é que a maior taxa de aplicação, nesse caso, seja melhor para o controle da doença. No mesmo estudo, Souza (2019) obtém resultados similares, em que a calda somente com o fungicida mancozebe foi eficaz ao atenuar a epidemia ao longo do tempo, independente do volume aplicado.

Essa interação negativa do mancozebe associado ao surfactante Silwet no controle da ferrugem da soja pode ser evidenciada na menor taxa de aplicação com apenas 58,62% de controle quando comparado aos demais adjuvantes (Tabela 6). O aumento da concentração de mancozebe em menores taxas de aplicação quando associado ao Silwet pode ter intensificado o efeito negativo sobre o controle do patógeno. Pela Tabela 6, pode-se constatar que apenas o adjuvante Agral quando associado ao fungicida mancozebe na menor taxa de aplicação promoveu o controle da doença superior a 80%, nível mínimo estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para atribuição de eficiência agrônômica.



**Tabela 6** – Valores médios de severidade da doença (AACPD) e eficiência de controle (E%) em função dos adjuvantes e taxas de aplicação, e em comparação com a testemunha sem controle químico da ferrugem da soja.

Tratamentos	50 L ha <sup>-1</sup>		120 L ha <sup>-1</sup>	
	AACPD	E(%)	AACPD	E(%)
Controle	734,78	-	734,78	-
Mancozebe	174,13*	76,30*	269,94*	63,26*
Silwet	304,06*	58,62*	237,56*	67,67*
Agral	135,84*	81,51*	167,34*	77,23*
Assist	177,84*	75,80*	212,19*	71,12*
Argenfrut	222,47*	69,72*	248,72*	66,15*
J-S	279,56*	61,95*	151,94*	79,32*
Aureo	226,41*	69,19*	226,41*	69,19*
Causa da variação	Teste F			
Adjuvante (A)	1,87 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (T)	0,13 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
A x T	1,78 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>

\* : difere do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05). <sup>ns</sup>: Não significativo pelo teste F (P< 0,01).

Para os valores da AACPD, todos os tratamentos, em ambas as taxas de aplicação apresentaram valores menores que o controle sem tratamento químico. Dessa maneira a eficiência no controle da doença com os tratamentos, com ou sem adjuvante obtiveram resultados satisfatórios.

## 2.4 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais pode-se constatar que:

A redução da taxa de aplicação para 50 L ha<sup>-1</sup> e a associação do fungicida mancozebe com adjuvantes pode influenciar a severidade da ferrugem da soja, contudo, de maneira geral, se considerar apenas a redução da taxa de aplicação, de 120 L ha<sup>-1</sup> para 50 L ha<sup>-1</sup>, não há interferência no controle da doença, principalmente no início da enfermidade;

A associação do fungicida mancozebe com o surfactante Silwet a 50 L ha<sup>-1</sup> evidenciou menor eficiência de controle da doença quando aplicado no estágio de desenvolvimento V6 da cultivar BMX Potência.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat versão 1.0 - Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, 2009.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley e Sons, 1990. 532p.
- CANTERI, M.G.; GODOY, C.V. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. In: XXVI Congresso Paulista de Fitopatologia, 2003, Araras. **Summa Phytopathologica**. Botucatu: Grupo Paulista de Fitopatologia. v.29. p 89-89, 2003.
- CONAB. **Série histórica das safras: soja**. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>>. Acesso em: 15 dez. 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. (Ed.). **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.
- 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.
- FEHR, W.R; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special Report, 80).
- 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 2018/19**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa, 2019. 10p.

KLOSOWSKI, A.C. et al. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v.72, p.1211-1215, 2016.

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

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.; CHECHETTO, R.G. Adjuvantes e formulações. In: ANTUNIASSI, Ulisses Rocha; BOLLER, Walter (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p.29-40.

SCHMITZ, H.K. et al. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-oxidoreductase inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v.7, p. 378-88, 2014.

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.

SIMÕES, K. et al. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Disease and Protection**, v. 125, p. 21-26, 2018.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho, teve como princípio entender melhor a interação entre o fungicida mancozebe, adjuvantes e a superfície foliar melhorando assim a aplicação desses produtos fitossanitários. Em momentos onde os casos de resistência para ferrugem asiática da soja vem aumentando safra após safra e novas moléculas tem se tornado cada vez mais escassas no mercado, a correta aplicação, ou o conhecimento de técnicas/tecnologia de aplicação que propiciem melhor controle da ferrugem da soja são de extrema importância. Além disso, o uso de fungicidas com múltiplos sítios de ação é mais um aliado contra o aparecimento de novos casos de resistência às moléculas de fungicida presentes no mercado. Dessa forma, esse trabalho vem contribuir com entendimento da interação entre um fungicida multi-sítio como o mancozebe, associado a diferentes adjuvantes em diferentes taxas de aplicação, além de proporcionar conhecimento a respeito da interação entre superfície foliar-fungicida-adjuvantes em relação a retenção da calda de pulverização pela superfície foliar na cultura da soja, uma vez que, aumentando a retenção, pode-se aumentar o sucesso da aplicação de um fungicida que é imóvel na planta.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U.R. Adjuvantes e formulações: tecnologia dentro do tanque. **Boletim de pesquisa de soja 2015/2016**. Rondonópolis: Fundação MT, v.1, p.474-507, 2015.
- 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**. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>>. Acesso em: 09 dez. 2019.
- 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.
- FIESP. **Safra mundial de soja**. 2019. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>>. Acesso em: 09 dez. 2019.
- GODOY, C.V. et al. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 51, n. 5, p.407-421, maio 2016b. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000500002>.
- GODOY, C.V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2018/19**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa, 2019. 10 p.
- KLOSOWSKI, A.C. et al. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1211–1215, 2016.
- MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.
- 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.; CHECHETTO, R. G. Adjuvantes e formulações. In: ANTUNIASSI, Ulisses Rocha; BOLLER, Walter (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 29-40.

SCHMITZ, H.K. et al. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 7, p. 378-88, 2014.

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.

SIMÕES, K. et al. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, p. 21-26, 2018.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, [s.l.], v. 89, n. 6, p.675-677, jun. 2005. Scientific Societies. <http://dx.doi.org/10.1094/pd-89-0675>.