

VITOR CARVALHO RIBEIRO DE ARAÚJO

**DINÂMICA DA REMOÇÃO PELA CHUVA DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NO
CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

Botucatu

2020

VITOR CARVALHO RIBEIRO DE ARAÚJO

**DINÂMICA DA REMOÇÃO PELA CHUVA DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NO
CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

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

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Botucatu

2020

A663d Araújo, Vitor Carvalho Ribeiro
Dinâmica da remoção pela chuva de fungicidas utilizados no controle de ferrugem asiática da soja / Vitor Carvalho Ribeiro Araújo. -- Botucatu, 2020
41 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

1. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. 2. Fitossanidade. 3. Ferrugem asiática da soja. 4. Fungicida. 5. Soja. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **DINÂMICA DA REMOÇÃO PELA CHUVA DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

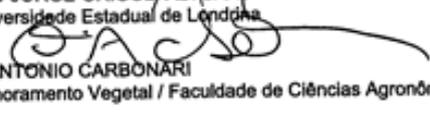
AUTOR: VITOR CARVALHO RIBEIRO DE ARAÚJO

ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB
Agronomia / Universidade Estadual de Londrina


Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 19 de fevereiro de 2020.

*A minha avó Geny Moura de Carvalho Santos (in memorian),
minha mãe Evânia Tereza Carvalho Ribeiro,
meu pai Joaquim Arnaldo de Araújo,
e meu irmão Walisson Carvalho Ribeiro de Araújo*

AGRADECIMENTOS

A minha avó Geny Moura (in memorian), por ter sido minha mãe (como a chamava) e por toda a sabedoria e amor. Sempre dedicarei minhas conquistas a ela.

Aos meus pais, Joaquim e Evânia, pelo amor e apoio ao longo de toda minha vida.

Ao meu irmão Walisson, pelo apoio e amizade.

Ao meu orientador Ulisses Antuniassi, pela confiança, ensinamentos e oportunidades únicas que me proporcionam crescimento profissional e pessoal.

A minha namorada Malba, pelo amor e companheirismo.

A todos os meus amigos da FCA/UNESP, pela amizade e companheirismo.

Em especial aos meus amigos e companheiros de trabalho Raquel e Dante pela colaboração nesta pesquisa.

A todos os meus amigos da Agroefetiva, pela amizade e oportunidades.

Aos professores Dr. Kleber Pereira Lanças, Dr. Otávio J. G. Abi-Saab, Dr. Caio Carbonari, por compor as minhas bancas de qualificação e defesa e contribuir com sugestões e conselhos para a minha pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. A essa agência, os meus agradecimentos.

RESUMO

A aplicação de fungicidas com ação sítio específico aliado aos multissítios ou protetores tem sido a principal estratégia para o controle químico da ferrugem asiática da soja. Apesar da alta eficiência dessas misturas, os fungicidas associados a ela podem estar susceptíveis a remoção pela água da chuva, uma vez que as aplicações para o controle da doença coincidem com período de maior precipitação nas lavouras brasileiras. O objetivo deste trabalho foi determinar a resistência à remoção pela chuva de trifloxistrobina associada a fungicidas protetores em plantas de soja expostas à chuva simulada em intervalos de tempo sucessivos após a aplicação. O trabalho foi realizado em condição de casa de vegetação na estação experimental da Fundação Mato Grosso em Campo Verde, Mato Grosso, Brasil. Foi utilizado o esquema fatorial 4x4 (caldas fungicidas x intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva simulada) e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Foi avaliado o fungicida trifloxistrobina aplicado isoladamente e em mistura com um dos fungicidas protetores: mancozebe, oxicloreto de cobre e clorotalonil. Foi adicionado óleo metilado de soja (0,25%) às caldas. Cada planta tratada foi submetida à chuva, em exposição única, a um determinado intervalo de tempo: 0, 60, 180 e 360 minutos após a aplicação. O equipamento utilizado para aplicação dos tratamentos trata-se de um simulador de pulverização e chuva portátil sob trilhos desenvolvido pelo laboratório de máquinas para pulverização da FCA/UNESP. As soluções provenientes da lavagem da planta tratada foram submetidas a cromatografia líquida de alta eficiência associado a espectrometria de massas (LC-MSMS) para identificação de trifloxistrobina. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e foi realizada a análise de regressão para determinação do modelo apropriado para descrever a relação entre quantidade de ingrediente ativo lavado e intervalo de tempo decorrido entre a aplicação e a chuva. Foi realizado o teste Tukey para comparação das médias da quantidade de fungicida removido entre as misturas de fungicidas dentro de cada intervalo de tempo. Houve interação entre as caldas fungicidas e o intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva simulada. Os dados provenientes da lavagem de trifloxistrobina pela chuva simulada foram ajustados ao modelo logarítmico na presença de óleo metilado de soja ($R^2 = 0,9851$), óleo metilado de soja + clorotalonil ($R^2 = 0,942$) e óleo metilado de soja +

oxicloreto de cobre ($R^2 = 0,9372$). O modelo logístico foi ajustado para óleo metilado de soja + mancozebe ($R^2 = 0,9999$). A associação de trifloxistrobina com mancozebe, clorotalonil ou oxicloreto de cobre reduziu a quantidade da estrobilurina removida em função da chuva, quando esta ocorreu imediatamente após a aplicação. No entanto, não foi verificada diferença entre os tratamentos para os intervalos de tempo entre a aplicação e a chuva de 60, 180 e 360 minutos. Portanto, os fungicidas multissítios protetores mancozebe, oxicloreto de cobre e clorotalonil associados ao fungicida trifloxistrobina aumenta a sua resistência à lavagem pela chuva, quando esta ocorre imediatamente após a aplicação em plantas de soja. O modelo logarítmico é o que melhor explica a relação de decréscimo da quantidade de trifloxistrobina removida pela chuva em função do intervalo de tempo decorrido entre a aplicação do fungicida e a chuva simulada com exceção da calda contendo mancozebe, em que o modelo logístico possui melhor ajuste.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Trifloxistrobina. Fungicidas protetores. *Phakopsora pachyrhizi*. LC-MSMS.

ABSTRACT

The application of fungicides with specific site action combined with multisite or protectors has been the main strategy for the chemical control of Asian soybean rust. Despite the high efficiency of these mixtures, the fungicides associated with it may be susceptible to removal by rainwater, since the applications for the control of the disease coincide with a period of greater precipitation in Brazilian crops. The objective of this work was to determine the resistance to rain removal of trifloxystrobin associated with protective fungicides in soybean plants exposed to simulated rain at successive time intervals after application. The work was carried out in a greenhouse condition at the Mato Grosso Foundation experimental station in Campo Verde, Mato Grosso, Brazil. The 4x4 factorial scheme (fungicide spray solutions x time interval between application and simulated rain) was used and the experimental design was completely randomized with four replications. The fungicide trifloxystrobin applied alone and mixed with one of the protective fungicides was evaluated: mancozebe, copper oxychloride and chlorothalonil. Methylated soybean oil (0.25%) was added to the spray solutions. Each treated plant was subjected to rain, in a single exposure, for a certain time interval: 0, 60, 180 and 360 minutes after application. The equipment used to apply the treatments is a spray simulator and portable rain under rails developed by the FCA / UNESP spray machines laboratory. The solutions from the washing of the treated plant were subjected to high performance liquid chromatography associated with mass spectrometry (LC-MSMS) to identify trifloxystrobin. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and regression analysis was performed to determine the appropriate model to describe the relationship between the amount of active ingredient washed and the time elapsed between application and rain. The Tukey test was performed to compare the averages of the amount of fungicide removed between the fungicide mixtures within each time interval. There was an interaction between the fungicide mixtures and the time interval between application and simulated rain. The data from the trifloxystrobin washing by simulated rain were adjusted to the logarithmic model in the presence of methylated soybean oil ($R^2 = 0.9851$), methylated soybean oil + chlorothalonil ($R^2 = 0.942$) and methylated soybean oil + copper oxychloride ($R^2 = 0.9372$). The logistic model was adjusted for methylated soybean oil + mancozebe ($R^2 = 0.9999$). The association of trifloxystrobin with mancozebe, chlorothalonil or

copper oxychloride reduced the amount of strobilurin removed due to rain, when it occurred immediately after application. However, there was no difference between treatments for the time intervals between application and rain of 60, 180 and 360 minutes. Therefore, the protective multisite fungicides mancozebe, copper oxychloride and chlorothalonil associated with the fungicide trifloxystrobin increases its resistance to washing by rain, when it occurs immediately after application in soybean plants. The logarithmic model is the one that best explains the ratio of decrease in the amount of trifloxystrobin removed by the rain as a function of the time interval between the application of the fungicide and the simulated rain except for the spray solution containing mancozebe, in which the logistic model has the best adjustment.

Keywords: Application technology. Trifloxystrobin. Protective fungicides. *Phakopsora pachyrhizi*. LC-MSMS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Tecnologia de aplicação de pesticidas.....	17
2.2	Ferrugem asiática da soja.....	18
2.3	Resistência à remoção pela chuva de fungicidas	20
2.4	Fisiologia e vegetal e tecnologia de aplicação de pesticidas	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
6	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A soja é a cultura de maior importância econômica para o Brasil. A área cultivada na safra 2017/2018 foi de 35,85 milhões de hectares, o que gerou a produção de 115 milhões de toneladas (CONAB, 2019). O Mato Grosso é o principal Estado produtor da oleaginosa no país com 32,45 milhões de toneladas, o que corresponde a 28,22% da produção nacional. Além disso, o grão é fator-chave para o comércio exterior do país, uma vez que contribui em 46% das exportações do agronegócio nacional, sendo o principal produto de exportação brasileiro.

Alguns fatores contribuem para o sucesso da sojicultura brasileira e outros constituem desafios para o aumento da produtividade do grão. Entre os fatores positivos se destacam a tecnologia envolvida em toda a cadeia de insumos, conhecimento técnico aplicado e clima favorável. O clima tem sido o principal desafio para os agricultores em todas as etapas de produção. Ele afeta o plantio, o desenvolvimento da cultura, a aplicação de insumos, a colheita e inclusive contribui para o desenvolvimento e disseminação de pragas.

Os climas predominantes nas regiões produtoras de soja brasileiras são caracterizados pelos maiores níveis pluviométricos alcançados durante o verão. Essa condição climática ocorre exatamente durante o ciclo produtivo da oleaginosa e apesar de serem favoráveis para a cultura, constituem o ambiente propício para a reprodução e disseminação de insetos pragas, plantas daninhas e doenças. Isso ocorre devido a intensificação do metabolismo e conseqüentemente reduzem o tempo para completarem o seu ciclo de vida, o que demanda maior quantidade alimento e causam maiores danos à cultura.

Uma das principais fontes de perda de produção na cultura da oleaginosa é a ferrugem asiática da soja. A doença é causada pelo fungo *Pakhopsora pachyrhizi* e os principais sintomas são pequenas lesões de coloração castanha, sobretudo na face abaxial das folhas associadas à clorose foliar. Em estágio final, a doença leva à desfolha e maturação precoce da planta, resultando em perdas de produtividade de até 90%.

O manejo da ferrugem asiática da soja está basicamente fundamentado no controle químico com o uso de fungicidas, principalmente por meio da aplicação de

triazóis, estrobilurinas, carboxamidas e suas misturas. No entanto, esses princípios ativos tem perdido eficiência ao longo das safras por possuírem modo de ação específico e favorecer a seleção de populações resistentes de *P. pachyrhizi*. Dessa maneira, os fungicidas protetores multissítios tem sido incorporados ao tratamento fitossanitário a fim de potencializar o controle da ferrugem asiática da soja.

A retenção de fungicidas aplicados depende das características físicas e químicas da superfície vegetal, da formulação do fungicida e das condições ambientais, dentre as quais a chuva é a mais importante. A água lava os fungicidas das folhas e essa perda depende da duração da exposição e também do intervalo entre a aplicação do produto e o início da chuva. É primordial a realização de estudos que quantifiquem a perda de produto aplicado em função das precipitações, sobretudo no Brasil, onde o período chuvas coincide com as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja.

A associação de fungicidas multissítios aos de ação em sítio específico aumenta a eficiência e contribui para o manejo de resistência de ferrugem asiática da soja. No entanto, não há estudos que elucidem o efeito dessa associação em relação à resistência a remoção pela chuva de fungicidas sítio-específicos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a resistência à remoção pela chuva do fungicida sistêmico trifloxistrobina associado aos fungicidas protetores clorotalonil, oxicloreto de cobre e mancozebe da superfície de plantas de soja expostas à chuva simulada em quatro intervalos de tempo após a aplicação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologia de aplicação de pesticidas

O conceito de tecnologia de aplicação está ligado ao uso racional dos pesticidas, de modo que esses sejam aplicados em quantidade mínima suficiente para que se tenha o efeito biológico desejado, de forma segura ao aplicador e com o mínimo de perda para o meio ambiente (ANTUNIASSI, 2017). Dessa forma, para que todos esses objetivos sejam contemplados, são aplicados conhecimentos científicos de diversas ciências tais como química, física, fisiologia e anatomia vegetal, meteorologia, fitopatologia, entomologia, herbologia, engenharia hidráulica, mecanização agrícola, entre outras. Com isso, o estudo de tecnologia de aplicação é complexo e os parâmetros relacionados a aplicação de pesticidas dependem da interação de um ou mais fatores ligados a essas ciências ou engenharias (MATTHEWS, 2008).

A eficácia dos tratamentos fitossanitários depende da absorção e translocação do ingrediente ativo e esses fatores são influenciados diretamente pelas formulações dos produtos pulverizados. A formulação de um produto fitossanitário comercial pode conter de 5 a 7 componentes além dos ingredientes ativos e tem a função de melhorar a eficiência e eficácia da aplicação, facilitar o transporte e manipulação e maximizar a estabilidade da solução (CARVALHO et al., 2019). No mercado, existem cerca de 80 tipos de formulações, porém apenas nove delas são mais frequentes na agricultura brasileira, sendo 3 sólidas e 6 líquidas. As formulações sólidas para aplicação em água são WP (pó molhável) e WG (grânulo dispersível) e para aplicação direta, GR (granulado). Já àquelas líquidas são CS (Suspensão de encapsulado), SL (concentrado solúvel), ME (microemulsão), SC (suspensão concentrada), EC (concentrado emulsionável) e OD (Dispersão de óleo ou suspensão concentrada em óleo) (KNOWLES, 2008).

As formulações podem afetar outros parâmetros da tecnologia de aplicação de pesticidas. OLIVEIRA, (2009) descobriu que o tipo de formulação interfere na resistência à remoção pela chuva de flutriafol, quando esta ocorre imediatamente após a aplicação. Além disso, a mesma autora concluiu que a adição de óleo mineral à calda aumentou a absorção do ingrediente ativo independente da formulação utilizada. JESUS (2019) estudou a interação de formulações e pontas de pulverização

em aplicação aérea sobre a deriva e concluiu que a formulação SC do inseticida lambda-cialotrina pulverizado pela ponta CP-03 com angulação de 30 graus gera menor deriva do que os tratamentos compostos pela formulação EC.

Apesar da importância dos demais componentes que afetam a aplicação de pesticidas, as condições climáticas possuem destaque por serem os únicos fatores incontrolláveis pelos agricultores, os quais em condição de campo não podem ser alterados. Os principais componentes do clima que afetam a aplicação são a umidade relativa do ar, temperatura, velocidade média e direção do vento (ANTUNIASSI e CUNHA, 2019). Costa et al., (2017) encontram que o aumento médio de 5 km/h na velocidade do vento aumentou em 59,6% a deposição em coletores externos à área de aplicação. Além das condições meteorológicas citadas, a ocorrência de chuva pode afetar a eficiência do tratamento fitossanitário. Mateus et al., (2004) concluíram que uma chuva de 10 mm quando ocorre após a aplicação de mepiquat remove completamente o ativo da superfície de folhas de algodoeiro. Hunsche et al., (2007) alertam para a necessidade de mais estudos para elucidarem as relações existentes entre a chuva e a aplicação de pesticidas.

2.2 Ferrugem asiática da soja

A ferrugem asiática da soja é uma doença causada pelo fungo *Pakhopsora pachyrhizi* e os principais sintomas são pequenas lesões de coloração castanha, sobretudo na face abaxial das folhas associadas à clorose foliar. Em estágio final, a doença leva à desfolha e maturação precoce da planta, resultando em perdas de produtividade de até 90% (HARTMAN et al., 2015). A doença vem causando perdas severas a sojicultura nacional desde 2001 (YORINORI et.al., 2002). Além disso, é a doença que causa maiores perdas de produtividade na cultura e por isso, também onde se faz maior investimento em controle fitossanitário (RICHETTI e ROESE, 2011).

A doença é favorecida por longos períodos de molhamento ou orvalho sobre as folhas e por temperaturas diárias oscilando entre 15° - 28°C e atinge o ápice de severidade durante a fase de início de enchimento das vagens de soja (YONORY et al., 2004). Dessa forma, Nunes et al., (2018) validou o modelo de previsibilidade de ocorrência da ferrugem asiática da soja com base na precipitação volumétrica,

concluindo que é possível reduzir o número de aplicações de fungicidas com base no modelo estudado.

Nesse sentido, é primordial explorar estratégias de controle da doença que estão inseridas dentro do manejo integrado de doenças, tais como o controle viarietal, cultural e legislativo por meio de vazios sanitários (YONORY et al., 2004 e KOGA et al., 2008). No entanto, o método de controle químico é o mais utilizado (MILES et al., 2007; MUELLER et al., 2009). Normalmente, são feitas ao menos três aplicações de fungicidas para o controle da doença em Mato Grosso (SIQUERI, 2005). Entretanto, a quantidade de aplicações para o controle efetivo da doença varia em função da interação do cultivar utilizado com o princípio ativo escolhido para o controle (NAVARINI et al., 2007).

O controle químico da ferrugem é realizado principalmente pela aplicação de fungicidas triazóis, estrobilurinas e carboxamidas e suas misturas (NUNES et al., 2018). Navarini et al., (2006) concluiu que as estrobilurinas quando aplicadas no estágio reprodutivo da cultura da soja de forma preventiva possui maior eficiência no controle da doença. No entanto, o uso sequencial desses ingredientes ativos têm levado à perda de eficiência no controle da doença ao longo dos anos devido a seleção de populações de patógenos resistentes (BRIDI, 2017).

Foi observado na safra de 2006/07 populações de *P.pachyrhizi* resistentes a fungicidas do grupo químico dos triazóis. Em ensaios cooperativos realizados na safra 2009/09, os quais avaliaram fungicidas aprovados na Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil (RPSRCB) concluíram sobre a existência de sinergismo entre triazóis e estrobilurinas no controle da ferrugem asiática da soja, sobretudo quando aplicados sobre soja com semeadura tardia (GODOY, 2009). GODOY et al., (2018) sumariza os dados provenientes destes ensaios cooperativos e evidencia a perda de eficiência de azoxistrobina, tebuconazol e ciproconazol no controle da doença desde a safra 2003/04 até 2017/18.

Nesse contexto, o uso de fungicidas multissítios têm sido agregados às misturas fungicidas a fim de aumentar a eficiência do tratamento fitossanitário (GOTTEMS, 2015). Alves e Juliatti (2018) concluíram que a adição de mancozebe às misturas de fungicidas de sítio específico reduziu a incidência de ferrugem asiática da soja no

campo. Resultado semelhante foi encontrado por SOUZA (2017), em que a adição de mancozebe às misturas comerciais de ciproconazol com picoxistrobina ou azoxistrobina, e piraclostrobina + fluxapiroxade reduziu a severidade de ferrugem asiática da soja. O mesmo autor concluiu que o aumento da concentração do fungicida multissítio nessas misturas reduziu a incidência e severidade da doença. O efeito sinérgico dos fungicidas multissítios se deve ao fato de que eles atuam em diversos processos bioquímicos na célula do fungo (AZEVEDO, 2003).

A tecnologia aplicação ainda é um dos principais componentes que afetam o controle da doença, mesmo em aplicações de fungicidas de eficiência comprovada (CUNHA et al., 2016). De acordo com Cunha et al. (2008), as aplicações de fungicidas em geral não geram cobertura eficiente em todo dossel da soja e isso causa ineficiência no controle da doença, uma vez que a mesma tem característica acrópeta. Dessa maneira, para que o controle seja eficiente as gotas devem ultrapassar a barreira de folhas do terço superior e médio e atingir as folhas mais velhas para que promova proteção contra o fungo (OZKAN et al., 2006).

2.3 Resistência à remoção pela chuva de fungicidas

A eficácia de fungicidas pode ser comprometida pela ocorrência de chuva após a aplicação sobre a cultura alvo (PÉREZ RODRÍGUEZ, et al., 2015). A água lava os fungicidas da superfície foliar e essa perda depende de diversos fatores como duração da exposição, intervalo entre a aplicação do produto e o início da chuva, formulação do fungicida, solubilidade do ingrediente ativo em água, cultura sobre o qual é aplicado (VAN BRUGGEN, 1986; CABRAS et al., 2001). Além disso, esses fatores se interagem e influenciam diretamente na lavagem dos ativos pela chuva (THACKER e YOUNG, 1999).

O modo de ação do fungicida também interfere na sua capacidade de ser lavado pela chuva. Töfoli et al., (2014) estudaram o efeito de uma chuva de 20 mm por 6 minutos em quatro intervalos de tempo após a aplicação (0,5; 1; 2 e 4 horas) sobre o controle fitossanitário de requeima e pinta preta na cultura da batata e concluíram que fungicidas de ação sistêmica como picoxistrobina, azoxistrobina e mefenoxan são menos afetados por precipitações simuladas do que fungicidas de contato como clorotalonil e mancozebe. No entanto, os autores encontraram que as misturas de

mefenoxan com mancozebe ou clorotalonil oferece níveis de controle de requeima da batata quando a chuva ocorre 4 horas após a aplicação semelhantes à condição de ausência de chuva. Paradelo et al., (2008) concluíram que o cobre associado à calda bordalesa é perdido por processos de dissolução e erosão das partículas do fungicida. No entanto, quando o cobre é aplicado por meio do oxiclreto de cobre o mecanismo de perda predominante é a erosão da partícula fungicida. Pose-Juan et al., (2009) concluíram que o principal mecanismo associado a lavagem de mataloxyl pela chuva é a hidrólise, enquanto a lavagem do cobre se dá pela dissociação da molécula de oxiclreto de cobre.

A associação de fungicidas com adjuvantes ou outros pesticidas pode afetar a lavagem do mesmo pela chuva. O uso desses produtos pode aumentar a superfície de contato do ingrediente ativo com a superfície vegetal e reduzir o tempo de absorção tornando-o menos vulnerável à lavagem (RAETANO e CHECHETTO, 2019). Andersen et al., (2014) concluíram que o uso de surfactante não iônico na concentração de 0,125% na mistura dos fungicidas tebuconazol + prothioconazol mantém sua eficácia com a ocorrência de chuva 15 minutos após a aplicação em condição de casa de vegetação e 60 minutos em condição de campo. O uso de propileno glicol associado ao oxiclreto de cobre reduz as perdas de cobre por lavagem pela chuva (PARADELO et al., 2008).

Hunsche et al., (2007) constatou que intensidade e duração de chuva influenciam na resistência à remoção pela chuva de mancozebe em mudas de macieira expostas continuamente a níveis de precipitação variando de 1 a 5 mm. Além disso, no mesmo trabalho foi verificado que o decréscimo do resíduo do ingrediente ativo em função da quantidade precipitada (1 a 5 mm) seguiu uma curva hiperbólica nos casos de chuva de intensidade forte (5 mm.h^{-1}) e torrencial (48 mm.h^{-1}), com maior remoção do fungicida no primeiro nível de precipitação e a partir daí com tendência de remoção constante até 5 mm e uma progressão linear em condições de chuva fraca ($0,5 \text{ mm.h}^{-1}$), com taxa de remoção do ativo constante em virtude do aumento da precipitação de 1 para 5 mm. Após 5 mm de chuva, as perdas atingiram 90% sob chuva forte e torrencial e 50% sob chuva fraca. A mesma tendência comportamental de perda de ingrediente ativo foi encontrada por Pérez- Rodríguez et al., (2015) ao avaliarem calda bordalesa, oxiclreto de cobre e este em mistura com propileno glicol. Assim, a perda de cobre em função da quantidade de chuva para as caldas que continham oxiclreto

de cobre teve comportamento hiperbólico para maior intensidade e tendência linear em menor intensidade de precipitação. No entanto, a perda de cobre pela chuva quando aplicado na forma de calda bordalesa gerou comportamento linear para ambas as situações.

Debortoli, (2008) estudou a interação entre cultivares de soja e caldas fungicidas em relação resistência à remoção pela chuva do ingrediente ativo e concluiu que há interação entre esses fatores. O efeito da chuva sobre o tratamento fitossanitário foi medido indiretamente através da incidência de ferrugem asiática da soja. As cultivares Nidera 7636 e Msoy 8000 foram as mais susceptíveis à incidência da doença gerando maior AACPF quando o tratamento foi feito com ciproconazol + azoxistrobina. Na aplicação de piraclostrobina + epoxiconazol, as cultivares submetidas à chuva que sofreram menor incidência de doença foram CD 219, Nidera 7636 e Cep 56. As duas últimas cultivares também tiveram a melhor resposta para o tratamento ciproconazol + picoxistrobina.

2.4 Fisiologia e vegetal e tecnologia de aplicação de pesticidas

As características da superfície vegetal e também do pesticida aplicado influenciam na absorção do mesmo pela planta. Esses produtos devem ultrapassar as barreiras da cutícula, parede celular e membrana plasmática para que sejam completamente absorvidos (LAMEGO e SCHAEGLER, 2019). A cutícula é composta por aproximadamente 80% de ácidos graxos encrustada por plaquetas de cera e celulose cutinizada (BUCHANAN et al., 2005). Essa natureza lipofílica da superfície foliar dificulta a penetração e absorção de produtos de origem polar e facilita o processo para produtos apolares (GASKIN e KIRKWOOD, 2018). No entanto, a retenção de pesticidas é influenciada pelas características físico-químicas da superfície foliar e pode ser variável ao nível de espécie ou até mesmo intraespecífico para cada cultura agrícola (REYNOLDS et.al, 1994).

Os pesticidas de origem lipídica que atravessam a cutícula pela via apolar como também aqueles que penetram via rota aquosa têm seu acesso facilitado por meio de uma atmosfera saturada próxima à superfície vegetal. A existência de umidade na superfície facilita o movimento do ingrediente ativo via apoplasto. Opostamente, a baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas são prejudiciais essa absorção,

uma vez que intensifica a transpiração, causando murchamento e reduzindo a permeabilidade da cutícula (RODRIGUES, 2003). No entanto, a absorção pode ser prejudicial para o efeito de fungicidas protetores, que exercem sua função na superfície foliar (REIS et al., 2016).

ZAUZA et al., (2008) concluíram que os fungicidas azoxistrobina, tebuconazole, triadimenol e trifloxistrobina foram completamente absorvidos em 30 minutos e inibiram a infecção de *Puccinia psidii* em mudas de eucalipto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em condição de casa de vegetação na estação experimental da Fundação Mato Grosso em Campo Verde, Mato Grosso, Brasil. Foi utilizado o esquema fatorial 4x4 (caldas fungicidas x intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva simulada) e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. O ingrediente ativo trifloxistrobina foi aplicado por meio do produto comercial Fox (Bayer™). Foram utilizadas quatro caldas fungicidas (Tabela 1) e cada planta tratada foi submetida à chuva, em exposição única, a um determinado intervalo de tempo: 0, 60, 180 e 360 minutos após a aplicação. Todas as aplicações foram feitas com adição do óleo metilado de soja Áureo na concentração de 0,25% (v/v). Os ingredientes ativos e concentrações de produto comercial na calda de pulverização estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1 - Caldas compostas pela mistura de fungicidas e adjuvante

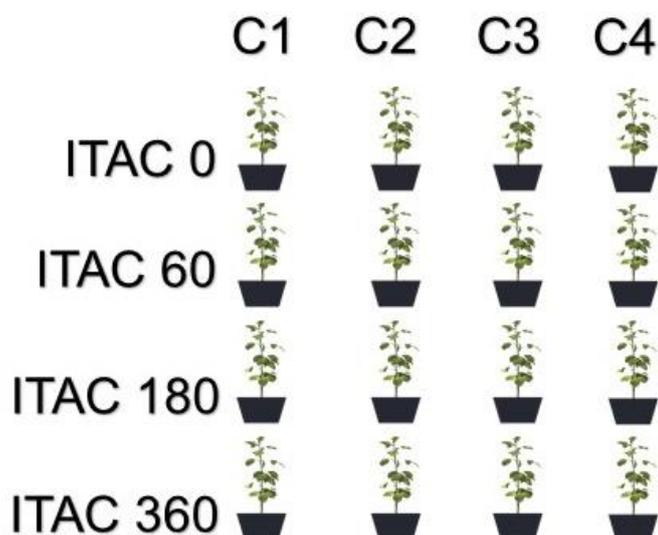
Caldas	Produto 1	Produto 2	Produto 3
1	Fox	Aureo	-
2	Fox	Mancozebe	Aureo
3	Fox	Difere	Aureo
4	Fox	Clorotalonil	Aureo

Tabela 2 - Ingredientes ativos e concentração na calda de pulverização dos produtos comerciais utilizados

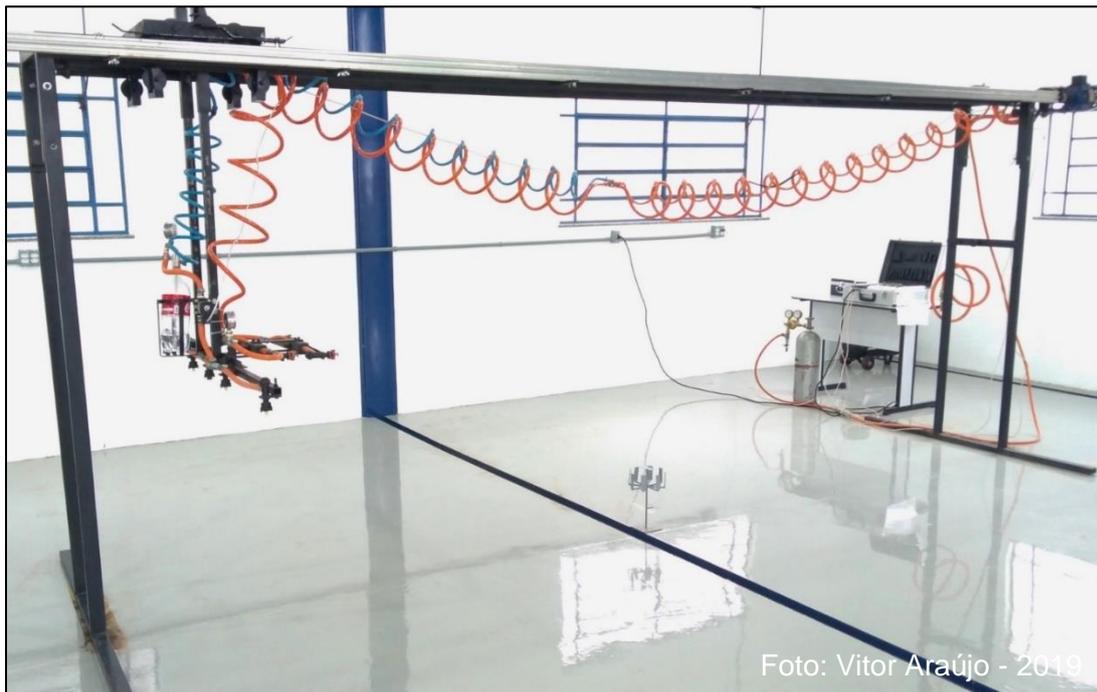
Produto Comercial	Ingrediente ativo	Classe	Concentração (L ha ⁻¹)
Unizeb Gold	mancozebe	Fungicida	1,5
Difere	oxicloreto de Cobre	Fungicida	0,5
Clorotalonil	clorotalonil	Fungicida	1,5
Fox	protioconazol e trifloxistrobina	Fungicida	0,4
Aureo	éster metílico de óleo de soja	Adjuvante	0,25%*

*Concentração de Aureo (v/v) na calda de pulverização.

Figura 1 - Tratamentos compostos pela interação de calda (C) e intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva (ITAC) dado em minutos



O equipamento utilizado para realização do estudo trata-se de um pulverizador e simulador de chuvas sob trilhos e portátil (Figura 4). A máquina foi desenvolvida no Laboratório de Máquinas de Pulverização da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP) de Botucatu – SP. Ela é constituída por um sistema hidráulico e elétrico. O sistema hidráulico é composto por um tanque de 200L, manômetro, mangueiras, bomba hidráulica e bicos de pulverização. Já o sistema elétrico é composto por um motor elétrico que propulsiona uma barra que comporta os bicos de pulverização e está acoplada a trilhos. A barra se movimentava linearmente com velocidade ajustável entre 1 a 5,5 km.h⁻¹. O sistema de pulverização para este ensaio foi equipado com pontas de pulverização XR80015. Já o simulador de chuva foi equipado com pontas de pulverização TK-50 ajustadas para produzir chuvas de 10 mm durante 30 segundos (equivalente a 120 mm h⁻¹).

Figura 2 - Simulador de chuva e pulverizador sob trilhos

Plantas de soja em estádio V4, semeadas em condições uniformes em vasos plásticos de 10 litros foram utilizadas para receberem os tratamentos. As plantas se desenvolveram em condição de casa de vegetação e não receberam nenhum tratamento fitossanitário até a realização do estudo a fim de não gerar resíduos de ingredientes ativos presentes nos tratamentos.

Um conjunto de quatro vasos de plantas de soja foi alinhado abaixo da sobreposição dos jatos das pontas de pulverização centrais. Em seguida, a pulverização foi ligada por 10 segundos para fixação da pressão e o movimento da barra acionado para aplicação da calda fungicida (Figura 3). Cada planta tratada do conjunto foi submetida, em exposição única, à chuva simulada referente a determinado intervalo de tempo após a aplicação do fungicida (0, 60, 180 ou 360 minutos). Para isso, os vasos de plantas tratadas tiveram a base embalada por saco plástico para evitar perda do resíduo do ingrediente ativo para o solo e foram posicionados em recipientes coletores circulares e submetidos à chuva simulada de 10 mm durante 30 segundos (Figura 4).

Figura 3 - Aplicação da calda fungicida sobre plantas de soja pelo simulador de chuva e pulverizador sob trilhos



Figura 4 - Aplicação de chuva simulada sobre planta de soja tratada com calda fungicida posicionada dentro do recipiente coletor e com a base do vaso envolvida por saco plástico



A água proveniente da lavagem de cada planta pela chuva foi coletada e acondicionada em dois tubos do tipo falcon de 50 mL a 4°C em freezer com controle de temperatura e transportado até o laboratório do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) da FCA/UNESP. As soluções provenientes da lavagem da planta tratada foram submetidas à cromatografia líquida de alta eficiência associado à espectrometria de massas (LC-MSMS) para detecção de trifloxistrobina. Assim, a quantidade de trifloxistrobina presente na água de lavagem da chuva foi dada pelo produto do volume de água de chuva coletado no recipiente coletor (mL) com a quantidade de ingrediente ativo ($\text{ng}\cdot\text{mL}^{-1}$) dado na leitura do cromatógrafo dividido massa seca (g) da soja submetida à aplicação. O resultado foi dividido por 1000 para conversão em μg de ingrediente ativo por grama de planta ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

A análise cromatográfica (LC-MSMS) foi aplicada apenas para detecção da trifloxistrobina. Esta escolha foi motivada por dois fatores. O primeiro foi devido a este ser um ingrediente ativo pertencente à classe das estrobilurinas, primeira a ser usada no controle de ferrugem asiática da soja, além de possuir lenta absorção pela superfície vegetal, podendo estar mais susceptível a lavagem pela chuva. O segundo motivo foi pelo fato do prothioconazol, ao entrar em contato com a superfície foliar, se transformar em prothioconazol desthio e a metodologia utilizada neste experimento adotou apenas a água de lavagem da chuva para análise e não toda a planta. Dessa maneira, a análise cromatográfica não permitiria concluir sobre a resistência desse ingrediente ativo à lavagem pela chuva.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A análise de regressão foi realizada com determinação do modelo apropriado para descrever a relação entre quantidade de ingrediente ativo lavado e intervalo de tempo decorrido desde a aplicação e a chuva simulada. Além disso, foi realizado o teste de tukey para comparação da quantidade de fungicida removido entre as misturas de fungicidas dentro de cada intervalo de tempo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre calda e intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva (ITAC) referente aos dados de lavagem de trifloxistrobina foi significativa (Tabela 3). Dessa forma, foram estudados o desdobramento dos níveis do fator calda dentro dos níveis do fator ITAC e vice-versa. Houve diferença significativa de lavagem do ativo entre as caldas estudadas apenas para o ITAC 0, isto é, quando a chuva foi simulada imediatamente após a aplicação. Já na segunda situação, foram encontradas diferenças para todos os ITACs (0, 60, 180 e 360 minutos) quando estudados dentro de cada calda (Tabela 4).

Tabela 3 - Quadro da análise de variância (ANOVA) para interação entre a calda fungicida e intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva simulada (ITAC) referente a quantidade de trifloxistrobina removida pela água da chuva da superfície de plantas de soja (GL: Grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: F calculado; P: p valor; CV: Coeficiente de variação)

Fatores	GL	SQ	QM	Fc	P
Calda	3	4,388	1,4627	4,742	0,00563*
ITAC	3	41,273	13,7576	44,597	0,00000*
Calda x ITAC	9	12,24	1,36	4,409	0,00031*
Resíduo	48	14,807	0,3085		
Total	63	72,709			
CV	24,65%				

* indica significância ao nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Significância de acordo com a análise de variância do desdobramento da interação dos fatores calda fungicida e intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva simulada (ITAC) para os dados de trifloxistrobina removida pela água da chuva de superfície de plantas de soja

Fatores	p valor
Calda/ ITAC 0	0*
Calda/ ITAC 60 minutos	0.0884
Calda/ ITAC 180 minutos	0.7227
Calda/ ITAC 360 minutos	0.9673
ITAC/ Calda trifloxistrobina + óleo metilado de soja	0*
ITAC/ Calda trifloxistrobina + mancozebe + óleo metilado de soja	0.0002*
ITAC/ Calda trifloxistrobina + oxicloreto de cobre + óleo metilado de soja	0.0014*
ITAC/ Calda trifloxistrobina + clorotalonil + óleo metilado de soja	0.0022*

* indica significância ao nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$).

A quantidade de trifloxistrobina perdida por lavagem diferiu em relação ao intervalo de tempo decorrido entre a aplicação e a chuva simulada. O decréscimo de fungicida lavado da planta ocorreu em escala logarítmica ou logística em relação ao tempo. Dessa forma, os dados provenientes da lavagem de trifloxistrobina na presença de óleo metilado de soja foram ajustados ao modelo logarítmico na ausência de fungicida multissítio ($R^2 = 0,9851$), na presença de oxicloreto de cobre ($R^2 = 0,9420$) e clorotalonil ($R^2 = 0,9372$) e ajustada ao modelo logístico para mancozebe ($R^2 = 0,9999$) (Figura 7 e Tabela 5). Hunsche et al. (2007) também ajustaram o modelo logarítmico para explicar a remoção cumulativa de mancozebe em função da quantidade de chuva aplicado em mudas de macieira.

A função logarítmica é definida como $f(x) = \log_a x$, em que $0 < a \neq 1$, sendo crescente para $a > 1$ e decrescente para $0 < a < 1$. A redução da perda de ingrediente ativo em função do ITAC é representada, no modelo ajustado, pelo logaritmo neperiano (\ln), cuja base é um valor entre 0 e 1 ($a = 1 - e^{-1}$). Diferentes misturas, intensidade distintas de chuva, características fisiológicas e anatômicas da cultura, entre outros fatores podem alterar a taxa de remoção do ingrediente ativo em função do ITAC, podendo ser melhor explicado por outros modelos como lineares, quadráticos, exponenciais ou mesmo logísticos (HUNSCHE et al., 2007; PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2015). O modelo logarítmico é o que melhor se adequa aos dados de lavagem de trifloxistrobina na presença de óleo metilado de soja aplicados isolados ou em mistura com os multissítios

oxicloreto de cobre ou clorotalonil por explicar a maior redução dos níveis do fungicida em decorrência das duas primeiras exposições à da planta tratada à chuva simulada, com tendência à estabilização dos níveis de remoção quando a chuva ocorre a partir de 180 min. No entanto, o modelo logístico se adequou melhor aos dados de lavagem de trifloxistrobina na presença de mancozebe por gerar maior coeficiente de determinação explicado pelo menor nível de redução da quantidade de trifloxistrobina lavada até 60 minutos e maior redução a partir deste tempo com tendência a estabilização a partir de 180 minutos após a aplicação. Essa tendência de redução de lavagem pode ser devido a maior penetração de ingrediente ativo pela epiderme foliar tornando-o menos disponível a perda ao longo do tempo (LAMEGO e SCHAEGLER, 2019).

A perda de trifloxistrobina na presença de óleo metilado de soja (Áureo) foi maior do que nas demais misturas quando a chuva ocorreu imediatamente após a aplicação (5,18 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de planta). Dessa forma, a remoção desse ativo foi significativamente reduzida quando misturado ao óleo e aos fungicidas protetores mancozebe (Unizeb Gold), oxicloreto de cobre (Difere) e clorotalonil (Previnil) (3,17; 2,99 e 2,99 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de planta, respectivamente), tornando-o mais resistente à remoção pela chuva. A perda de trifloxistrobina pela chuva dentro de cada ITAC a partir de 60 minutos foi semelhante para todas as misturas utilizadas (Tabela 6). Dessa forma, o efeito protetor de mancozebe, oxicloreto de cobre e clorotalonil sobre a trifloxistrobina foi evidente apenas quando a chuva ocorreu imediatamente após a aplicação. A absorção do ingrediente ativo pelas folhas da soja pode ter contribuído para que a partir do ITAC 60 minutos não fosse identificada diferença entre os tratamentos. O aumento da resistência à remoção pela chuva imediatamente após a aplicação da trifloxistrobina pode estar associada ao efeito protetor dos fungicidas multissítios devido à baixa solubilidade dos mesmos em água aliado com a baixa solubilidade em água da trifloxistrobina (610 $\mu\text{g} / \text{L}$ a 25° C) (Schweitzer, 1987; Roberts et al., 1999; BANERJEE et al., 2006).

Figura 7 - Remoção de trifloxistrobina da superfície vegetal de plantas de soja expostas à chuva simulada em função do intervalo de tempo em minutos decorridos entre a pulverização e a chuva. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

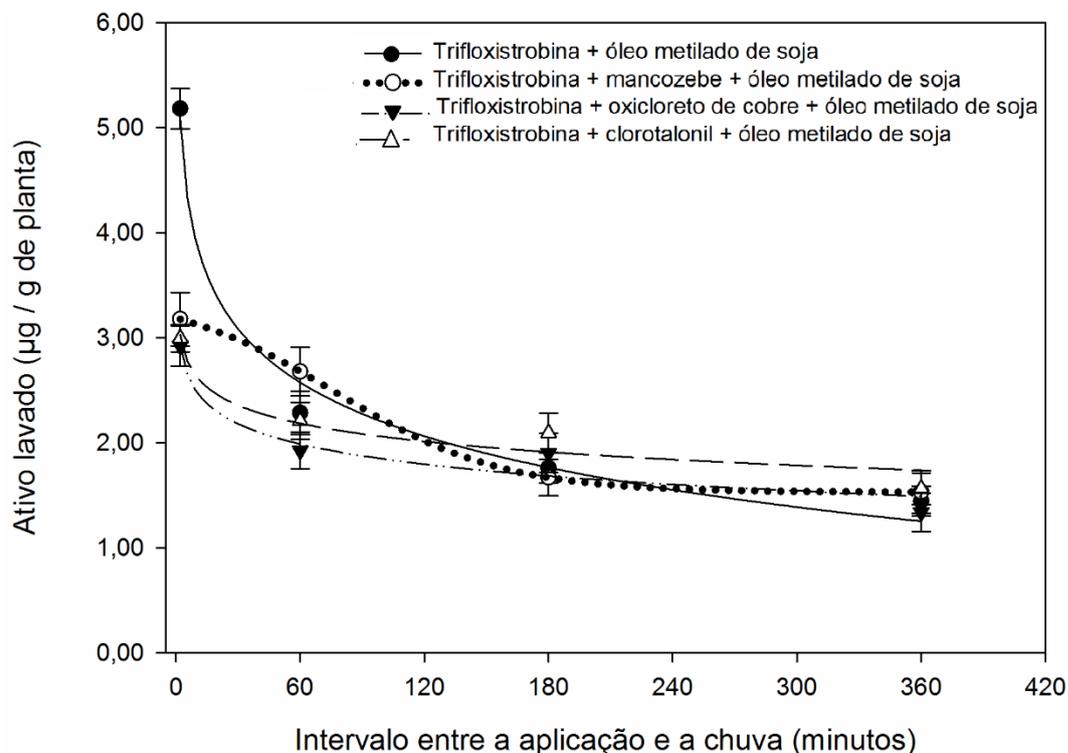


Tabela 5 - Equações e coeficiente de determinação (R^2) da quantidade de trifloxistrobina lavada em função do intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva para cada fungicida multissítio em mistura com trifloxistrobina e óleo metilado de soja

Fungicida multissítio	Modelo ajustado	R^2
-	$y = 5,5916 - 0,7373 \cdot \ln(x)$	0,9851
mancozebe	$y = 1,5281 + 1,9117 / (1 + \exp(-(x - 76,5883) / -40,5843))$	0,9999
oxicloreto de cobre	$y = 3,1232 - 0,2778 \cdot \ln(x)$	0,9420
clorotalonil	$y = 3,1988 - 0,2484 \cdot \ln(x)$	0,9372

Tabela 6 - Quantidade de trifloxistrobina lavada em função do intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva para cada fungicida multissítio em mistura com trifloxistrobina e óleo metilado de soja. As letras maiúsculas distintas entre colunas e as letras minúsculas distintas entre linhas denotam diferença estatística pelo teste tukey ($p < 0,05$)

Tempo	trifloxistrobina lavada ($\mu\text{g} / \text{g}$ de planta)			
	Fungicida multissítio			
	sem multissítio	mancozebe	oxicloreto de cobre	clorotalonil
0	5,1808 Aa	3,1773 Ab	2,9220 Ab	2,9938 Ab
60	2,2833 Bb	2,6766 ABa	1,9253 Ba	2,2061 ABa
180	1,7611 Bb	1,6668 BCa	1,9016 ABa	2,0923 ABa
360	1,4434 Bb	1,5299 Ca	1,3363 Ba	1,5619 Ba

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos dessa natureza são essenciais para compreender o efeito da chuva sobre o controle químico da ferrugem asiática da soja. Os resultados evidenciaram o efeito positivo da associação de fungicidas de sítio específico com multissítios na resistência de trifloxistrobina quando a chuva ocorre imediatamente após a aplicação. No entanto, mais pesquisas são necessárias para responder qual é a relação entre a quantidade de resíduo do fungicida que permanece na planta após a ocorrência da chuva e a incidência e severidade de ferrugem asiática da soja.

6 CONCLUSÕES

Os fungicidas multissítios protetores mancozebe, oxicloreto de cobre e clorotalonil associados ao fungicida trifloxistrobina reduzem a sua quantidade lavada pela chuva simulada, aumentando assim a resistência à lavagem pela chuva, quando esta ocorre imediatamente após a aplicação dos fungicidas em plantas de soja. Os modelos logarítmico e logístico são os que melhores descrevem a relação de decréscimo de trifloxistrobina em função do intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva. O modelo logístico explica melhor essa relação quando o a trifloxistrobina está associada ao mancozebe e o modelo logarítmico quando o fungicida sistêmico está associado a oxicloreto de cobre, clorotalonil ou apenas ao óleo metilado de soja.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. M.; JULIATTI, Fernando Cezar. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja: processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 3, p. 245-251, 2018.

ANDERSEN, K. F. et al. Rainfastness of prothioconazole+ tebuconazole for Fusarium head blight and deoxynivalenol management in soft red winter wheat. **Plant disease**, v. 98, n. 10, p. 1398-1406, 2014.

ANTUNIASSI, U. R.; CUNHA, J. P. BOAS PRATICAS NA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p.355-366.

ANTUNIASSI, Ulisses Rocha et al. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 2017.

ANTUNIASSI, Ulisses Rocha; BOLLER, Walter. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019.

AZEVEDO, LAS de. **Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional**. São Paulo, v. 2, 2003.

BANERJEE, Kaushik; LIGON, Axel Patrick; SPITELLER, Michael. Spectral elucidation of the acid metabolites of the four geometric isomers of trifloxystrobin. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 388, n. 8, p. 1831-1838, 2007.

BRIDI, Leandro. Efeito de diferentes programas de aplicação de fungicidas sobre cultivares de soja com e sem resistência genética a *Phakopsora pachyrhizi*. 2017.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry & Molecular Biology of plants. Rockville: Am. Soc. **Plant Physiol.** 1367p, 2005.

CABRAS, Paolo et al. The effect of simulated rain on folpet and mancozebe residues on grapes and on vine leaves. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 36, n. 5, p. 609-618, 2001.

CARVALHO, Fernando Kassis et al. Viscosity, surface tension and droplet size of sprays of different formulations of insecticides and fungicides. **Crop protection**, v. 101, p. 19-23, 2017.

CHECHETTO, Rodolfo Glauber; ANTUNIASSI, Ulisses Rocha. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Energia na Agricultura**, p. 130-142, 2012.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, p. 203-210, 2007.

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

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

OZKAN, H. E. et al. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian soybean rust. *Aspects of Applied Biology*, Wellesbourne, v. 77, p. 423-431, 2006.

REIS, E. M. Manual de fungicidas: guia para o controle químico racional de doenças da plantas/Erlei Melo Reis, Andrea Camargo Reis, Marcelo Anibal Carmona.—7. ed., ver. e ampl. **Paso Fundo: Berthier**, 2016.

GASKIN, R. E.; KIRKWOOD, R. C. The effect of certain nonionic surfactants on the uptake and translocation of herbicides in bracken (*Pteridium aquilinum* [L.] Kuhn). In: **Adjuvants and agrochemicals**. CRC Press, 2018. p. 129-139.

GODOY, Cláudia Vieira. Estratégia de manejo para a ferrugem da soja. **AgroANALYSIS**, v. 29, n. 09, p. 44-45, 2009.

GOTTEMS, L. **Resistência da ferrugem provoca retorno de fungicidas protetores**. AgroLink, 2015. Disponível em:. Acesso em: 13 jun. 2015.

HARTMAN, Glen Lee et al. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. St. Paul (MN: APS Press, The American Phytopathological Society, 2015.

HUNSCHE, Mauricio et al. Mancozebe wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics. **Crop Protection**, v. 26, n. 5, p. 768-774, 2007.

JMPR. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues. 2004.

KOGA, Lucimara Junko et al. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1277-1286, 2008.

MATEUS, Gustavo Pavan; LIMA, Eduardo do Valle; ROSOLEM, Ciro Antonio. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 631-636, 2004.

MATTHEWS, Graham. **Pesticide application methods**. John Wiley & Sons, 2008.

MUELLER, T.A.; Miles, M.R.; Morel, W.; Marois, J.J.; Wright, D.L.; Kemerait, R.C.; Levy, C.; Hartman, G.L. Effect of fungicides and timing of application on soybean rust severity and yield. **Plant Disease**, Saint Paul, v.93, n.2, p.243-248, 2009.

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

NUNES, Cley Donizeti Martins; DA SILVA MARTINS, José Francisco; DEL PONTE, Emerson Medeiros. Validação de Modelo de Previsão de Ocorrência da Ferrugem Asiática da Soja com Base em Precipitação Pluviométrica. **Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2018.

PARADELO, M. et al. Simulating washoff of Cu-based fungicide sprays by using a rotating shear device. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 14, p. 5795-5800, 2008.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, P. et al. Modeling losses of copper-based fungicide foliar sprays in wash-off under simulated rain. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 661-672, 2015.

POSE-JUAN, Eva et al. Determination of metalaxyl and identification of adjuvants in wetttable powder pesticide technical formulas. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 394, n. 6, p. 1535-1544, 2009.

RAETANO, C. G. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p.15-27.

RICHETTI, A.; ROESE, A. D. Custo do controle químico da Ferrugem-Asiática-da-Soja para a safra 2010/11. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2010.

RODRIGUES, João Domingos. fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Biológico, São Paulo**, v. 65, n. 1/2, p. 59-61, 2003.

SHANER, G. E. et al. Preparing for Asian soybean rust. **Purdue University Cooperative Extension Service**, 2005.

SIQUERI, F. V. Controle da mancha de ramularia (*Ramularia areola*) na cultura do algodoeiro. [Mato Grosso]: **Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso**, 2005. 15 p.

THACKER, J. Richard M.; YOUNG, Roderick DF. The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. **Pesticide Science**, v. 55, n. 2, p. 198-200, 1999.

TÖFOLI, Jesus Guerino et al. Effect of simulated rain on the efficiency of fungicides in potato late blight and early blight control. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2977-2989, 2014.

VAN BRUGGEN, Ariena HC; OSMELOSKI, J. F.; JACOBSON, J. S. Effects of simulated acidic rain on wash-off of fungicides and control of late blight on potato leaves. **Phytopathology**, v. 76, n. 8, p. 800-804, 1986.

VICENT, A.; ARMENGOL, J.; GARCIA-JIMENEZ, J. Rain fastness and persistence of fungicides for control of *Alternaria* brown spot of citrus. **Plant Disease**, v. 91, n. 4, p. 393-399, 2007.

WANG, Chen et al. Field dissipation of trifloxystrobin and its metabolite trifloxystrobin acid in soil and apples. **Environmental monitoring and assessment**, v. 187, n. 1, p. 4100, 2015.

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

YORINORI, José Tadashi; NUNES JÚNIOR, José; LAZZAROTTO, Joelsio José. Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2004.

ZAUZA, Edival Ângelo Valverde et al. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do Eucalyptus. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 829-835, 2008.