

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**USO DE ADJUVANTES NA RETENÇÃO DE FORMULADOS DE COBRE APÓS
PRECIPITAÇÃO SIMULADA EM SOJA**

ÁLVARO PILOTTO DE ARRUDA CAMPOS

Jaboticabal – SP

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**USO DE ADJUVANTES NA RETENÇÃO DE FORMULADOS DE COBRE APÓS
PRECIPITAÇÃO SIMULADA EM SOJA**

ÁLVARO PILOTTO DE ARRUDA CAMPOS

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Coorientadora: Me. Gabriela Pelegrini

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal – SP

2025

C198u	Campos, Álvaro Pilotto de Arruda Uso de adjuvantes na retenção de formulados de cobre após precipitação simulada em soja / Álvaro Pilotto de Arruda Campos. -- Jaboticabal, 2025 28 p. : tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Marcelo da Costa Ferreira Coorientadora: Gabriela Pelegrini 1. Tecnologia de aplicação de defensivos. 2. Chuva artificial. 3. Fitossanidade. 4. Fungicidas. 5. Adjuvante. I. Título.
-------	---

ÁLVARO PILOTTO DE ARRUDA CAMPOS

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: USO DE ADJUVANTES NA RETENÇÃO
DE FORMULADOS DE COBRE APÓS PRECIPITAÇÃO SIMULADA EM SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Coorientador: Me. Gabriela Pelegrini

Área de Concentração: Tecnologia de Aplicação

Data da defesa: 04/07/2025

☒ Aprovado

☐ Reprovado

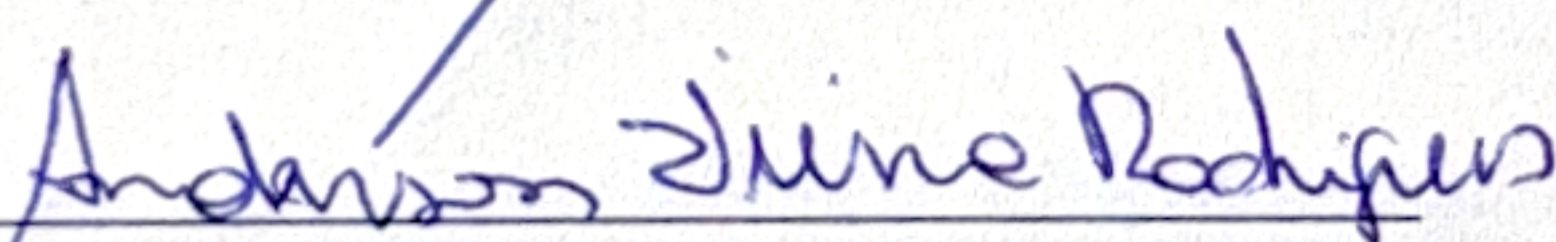
Banca Examinadora:


Me. Gabriela Pelegrini

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

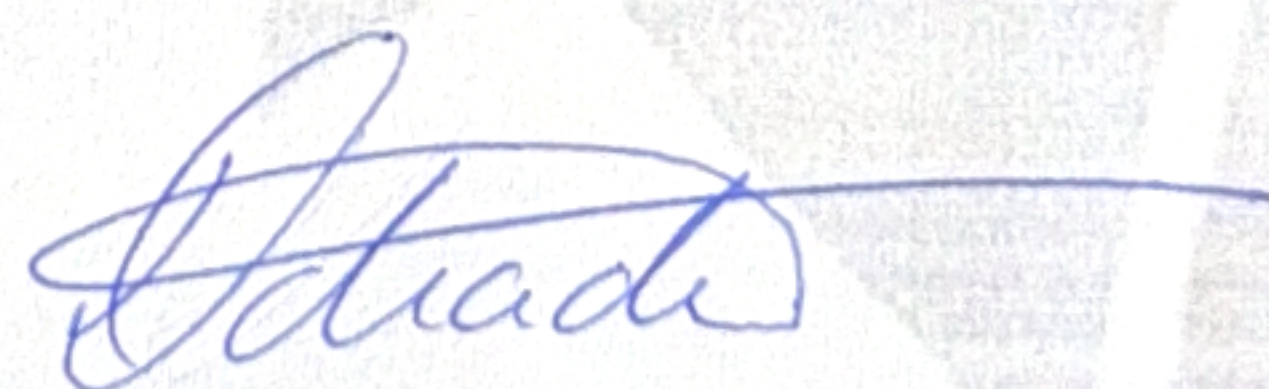

Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


Ms. Anderson Vieira Rodrigues

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 04/07/2025 "Ad referendum"


Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Chefe do Departamento

Dedicatória

Aos meus pais Rodrigo de Arruda Campos e Maída Pilotto de Arruda Campos, por sempre me incentivar e inspirar em todos os aspectos da vida. Por nunca duvidarem de minha capacidade. Por sempre estarem presentes quando precisei. Serei eternamente grato por trabalharem de baixo do árduo sol para me proporcionar a sombra.

Dedico a vocês todas as minhas vitórias!

A meu avô Jesus Messias Pilotto, *in memoriam*, por todos os bons e alegres momentos vividos juntos, por ser exemplo de ser humano a ser seguido, sempre com excelentes conselhos e um pensamento à frente do tempo. O guardarei para sempre em minha memória e coração!

OFEREÇO

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos que me proporcionou ao longo de minha vida, por ter me dado uma família amável, que é minha base, por sempre ter colocado excelentes pessoas em minha vida. Por permitir que meus sonhos se tornassem objetivos tangíveis.

Agradeço a minha família, meu pai Rodrigo de Arruda Campos, minha mãe Maída Pilotto de Arruda Campos, minhas irmãs Laura Pilotto de Arruda Campos e Melina Pilotto de Arruda Campos e, meu irmão Oscar Pilotto de Arruda Campos, pois sem eles eu não seria nada. Obrigado por todas as experiências e momentos vividos, por todo o incentivo, acolhimento e amor incondicional que me deram.

Agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP Câmpus de Jaboticabal, por ter me proporcionado tanto conhecimento, evolução profissional e pessoal por tanto tempo. Por me permitir viver meu sonho universitário.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, sou grato pelo incentivo na realização deste projeto e por compartilhar seu vasto conhecimento. Aprendi muito, tanto no desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso quanto em sua disciplina, onde suas orientações foram fundamentais para meu crescimento.

Agradeço a minha namorada Priscila Lorenzi da Silveira, pelo apoio, por sempre acreditar em mim, pelo amor, carinho e companheirismo!

Agradeço a República In-Dependência, que me proporcionou anos de muitas alegrias, experiências, incentivo, crescimento profissional e pessoal. Obrigado pelos bons momentos, risadas e amigos que levarei por toda minha vida!

Agradeço minha Coorientadora Me. Gabriela Pelegrini, por todo apoio, ensinamentos e auxílio no desenvolvimento do meu trabalho.

Ao grupo de pesquisa NEDTA, o qual tenho orgulho e sou feliz de fazer parte. A participação de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, aprendizado e realização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. A cultura da soja	3
3.2. Doenças da soja	5
3.3. Controle de doenças fúngicas	7
3.4. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	8
3.5. Uso de adjuvantes	9
3.6. Efeito da chuva sobre as aplicações	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1. Local de condução dos experimentos	13
4.2. Instalação e condução dos experimentos	13
4.3. Delineamento experimental	15
4.4. Aplicação dos tratamentos e Chuva Artificial	15
5. Avaliações	18
5.1. Análise Estatística	19
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
7. CONCLUSÃO	23
8. REFERÊNCIAS.....	24

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) possui relevante importância econômica no cenário nacional, estando sujeita a diversos fitopatógenos que comprometem significativamente sua produtividade. Entre as estratégias de controle, destaca-se a aplicação de fungicidas, cuja eficiência pode ser prejudicada por fatores ambientais, como a ocorrência de chuvas após a pulverização. Este trabalho teve como objetivo avaliar a retenção de adjuvantes comerciais (SkyPro e UltraBio) na aplicação de fungicida cúprico (oxicloreto de cobre) em folhas de soja com uma taxa de aplicação de 80 l/ha, submetidas à simulação de diferentes volumes de chuva (0 mm, 5 mm e 10 mm). Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, em delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial $3 \times 3 + 1$ (calda sem adjuvante, com SkyPro e com UltraBio; chuva de 0mm, 5mm e 10mm, mais a testemunha) e, análises baseadas no depósito de cobre retido nas folhas e na cobertura superficial da aplicação. Os resultados indicaram que a formulação utilizada permaneceu retida nas folhas, mesmo na ausência de adjuvantes, e que os volumes de chuva simulada não promoveram variações na retenção do fungicida. Além disso, a adição dos adjuvantes não demonstrou aumento no depósito e na cobertura foliar, não houve efeito significativo dos adjuvantes, mostrando que a recomendação do uso de adjuvantes deve considerar as condições ambientais e as características do produto aplicado. Conclui-se que, a formulação cúprica utilizada possui resistência à lavagem sem e com o uso de adjuvantes.

Palavras-chave: chuva simulada, cobertura superficial, depósito foliar, fungicidas cúpricos, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

Soybean cultivation (*Glycine max* (L.) Merr.) has significant economic importance in the national context and is susceptible to various phytopathogens that can severely compromise its productivity. Among the control strategies, the application of fungicides stands out, although their efficiency can be reduced by environmental factors, such as rainfall occurring after spraying. This study aimed to evaluate the retention of commercial adjuvants (SkyPro and UltraBio) in the application of copper fungicide (copper oxychloride) on soybean leaves at an application rate of 80 L/ha, subjected to simulated rainfall volumes (0 mm, 5 mm, and 10 mm). Two experiments were conducted in a greenhouse, using a randomized block design with a $3 \times 3 + 1$ factorial scheme (spray solution without adjuvant, with SkyPro, and with UltraBio; rainfall of 0 mm, 5 mm, and 10 mm, plus an untreated control), and analyses were based on the copper deposition retained on the leaves and the surface coverage of the application. The results indicated that the formulation remained adhered to the leaves even in the absence of adjuvants, and the simulated rainfall volumes did not cause variations in fungicide retention. Furthermore, the addition of adjuvants did not increase deposition or leaf surface coverage, showing no significant effect, which suggests that the recommendation for adjuvant use should consider environmental conditions and the characteristics of the applied product. It is concluded that the copper formulation used is resistant to wash-off both with and without adjuvants.

Keywords: simulated rainfall, surface coverage, foliar deposition, copper fungicides, application technology.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil mantém sua posição de destaque como o maior produtor mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), com uma produção estimada de 147,68 milhões de toneladas na safra 2023/2024, conforme os dados do 8º Levantamento da Safra de Grãos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024). Essa produção representa uma redução de 4,5% em relação à safra anterior, atribuída principalmente às condições meteorológicas adversas, como as fortes chuvas registradas no Rio Grande do Sul.

A área cultivada com soja na safra 2023/2024 foi de aproximadamente 45,7 milhões de hectares, um aumento de 3,8% em relação à temporada anterior. Os estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são principais produtores nacionais. Entretanto, as produtividades foram inferiores às da safra passada em quase todo o país, reflexo das condições meteorológicas adversas ocorridas durante a implantação e desenvolvimento da cultura, com falta e excesso de precipitações em épocas importantes no desenvolvimento da cultura (CONAB, 2024; PEREIRA, 2000; REGO, 2024).

Diversos fitopatógenos representam ameaças significativas à produtividade da soja. Entre as principais, destacam-se a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), considerada a doença mais severa da cultura, podendo causar perdas na produtividade acima de 80% e o crestamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*), que pode reduzir a produtividade, sendo favorecido por temperaturas entre 23 a 27°C e alta umidade (ITO, 2013).

Além disso, a mancha parda ou septoriose (*Septoria glycines*) é amplamente disseminada, favorecendo-se de ambientes com alta temperatura e umidade relativa.

A antracnose (*Colletotrichum truncatum*) é comum em plantios de soja, especialmente no Cerrado, podendo causar perdas significativas em anos chuvosos. A mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*) está presente em todas as regiões produtoras, sendo favorecida por ambientes com temperatura entre 18° a 21° e umidade relativa elevada. O mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) infecta diversas partes da planta, sendo mais frequente a partir das inflorescências. O oídio (*Microsphaera diffusa*) é uma das doenças mais comuns, ocorrendo com maior frequência em regiões altas e com temperaturas amenas (ITO, 2013).

O manejo eficaz dessas doenças é essencial para garantir a sustentabilidade da produção de soja. O controle químico, por meio da aplicação de fungicidas, é uma das estratégias mais utilizadas. Os principais grupos químicos empregados incluem triazóis, estrobilurinas e carboxamidas, que atuam em sítios específicos dos fungos, porém, os fitopatógenos vem perdendo sensibilidade aos mesmos ao longo dos anos (SCHIMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; GODOY et al., 2016; SIMÕES et al., 2018). Além disso, fungicidas multissítios têm sido recomendados para adicionar a eficácia do controle e reduzir o risco de resistência dos patógenos (MCGRATH, 2004).

Entretanto, a eficiência dos fungicidas pode ser comprometida pela ocorrência de chuvas após a aplicação, que podem remover o produto da superfície foliar e reduzir sua eficácia (MARTINS e OLIVEIRA, 2021). Para mitigar esse problema, a adição de adjuvantes às caldas de pulverização é uma prática recomendada. Adjuvantes são avaliados quanto à sua capacidade de melhorar a adesão e a retenção dos fungicidas nas folhas de soja, mesmo após eventos de chuva (SANTOS; FERREIRA, 2022). Esses produtos atuam modificando as propriedades físico-

químicas da calda, como tensão superficial e viscosidade (RODRIGUES; LIMA, 2023), promovendo uma melhor cobertura e retenção do fungicida na superfície foliar.

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar a retenção de dois adjuvantes comerciais (SkyPro e UltraBio) na aplicação de fungicida cúprico (oxicloreto de cobre) em folhas de soja, submetidas à simulação de diferentes volumes de chuva (0 mm, 5 mm e 10 mm). Pressupõe-se que os resultados contribuam para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes no manejo das doenças fúngicas na cultura da soja, garantindo a sustentabilidade e a produtividade dessa importante commodity agrícola.

2. OBJETIVO

Avaliar a eficiência de adjuvantes na aplicação de formulado de cobre em plantas de soja, visando aumentar a retenção do produto nas folhas pela chuva após a aplicação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merril) tem como centro de origem a região da China Antiga datado de 2838 A.C. como o registro mais antigo encontrado sobre o início de seu cultivo (EMBRAPA, 1987). A leguminosa chegou ao Brasil por meio de imigrantes japoneses em 1908, porém, foi oficialmente introduzida em 1914 no Rio Grande do Sul (MEDICE, 2007). Sua expansão pelo território brasileiro ocorreu posteriormente

nos anos 1970, devido ao crescente interesse da indústria pelo óleo vegetal e a demanda do mercado internacional pelo produto (MEDICE, 2007).

Movidos pelo desejo de expandir o cultivo da soja no Cerrado, os agricultores pioneiros, em sua maioria vindos da região Sul, perceberam a necessidade de desenvolver cultivares adaptadas a essa nova fronteira agrícola. Atentos ao potencial produtivo da região, os pesquisadores brasileiros trabalharam no desenvolvimento de variedades específicas, incorporando características genéticas como o período juvenil longo, o que impede o florescimento precoce em condições de baixa latitude. Esse avanço resultou em cultivares adaptadas ao Cerrado. Atualmente, o Brasil consegue produzir soja com alta eficiência em diferentes regiões do país, sendo que a produtividade média do Centro-Oeste (Cerrado) supera, de forma consistente, aquela registrada no Rio Grande do Sul, tradicional estado produtor da oleaginosa (DALL'AGNOL, 2016).

Essa cultura foi uma das grandes responsáveis pelo desenvolvimento da agricultura empresarial no Brasil, pela modernização das lavouras e do sistema de transporte, pela expansão da fronteira agrícola e urbanização do país, devido principalmente ao volume físico e financeiro movimentado pela cultura. Assim como pela administração empresarial necessária por todos os envolvidos na cadeia produtiva, como os produtores, fornecedores de insumos, manufaturas e negociantes (EMBRAPA, 2001; ESCHER, WILKINSON, 2019; CERETTA et al. 2005).

A soja é utilizada para diversos fins, dentre eles, suprir a demanda mundial por óleos vegetais, produção de ração para alimentação animal. Além disso, é utilizada na indústria alimentícia, farmacêutica e química, por ser rica em proteínas, ácidos

graxos (isoflavonas), apresentar efeitos fitoterápicos (prevenção de doenças) e produção de polímeros, biodiesel e emulsificantes (NASCIMENTO, 2022).

Devido às condições edafoclimáticas, as áreas situadas entre os paralelos de 20° de latitude Sul e 20° de latitude Norte representam o maior potencial para a produção de soja (NASCIMENTO, 2022). O Brasil apresenta condições praticamente ideais, não apenas devido à localização preferencial, mas também em função das condições topográficas e climáticas favoráveis e da disponibilidade de terras e meios tecnológicos (OLIC, 2001).

3.2. Doenças da soja

A Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), foi identificada pela primeira vez no Brasil em maio de 2001, nas regiões oeste e norte do estado do Paraná. Por sua elevada capacidade de disseminação pelo vento, rapidamente se estabeleceu em praticamente todas as áreas produtoras do país, podendo provocar perdas de produtividade que podem chegar a 80% (NASCIMENTO, 2022).

Os sintomas dessa doença surgem em qualquer estágio de desenvolvimento da soja. Inicialmente, manifestam-se como pequenos pontos escurecidos nas folhas saudáveis, nos quais se formam urédias na face inferior. Essas estruturas rompem-se posteriormente, liberando esporos que se dispersam facilmente pelo vento (DALPRAI, 2024). Com a progressão da esporulação, os tecidos adjacentes aos urédios adquirem coloração castanho-clara a castanho-avermelhada, formando lesões características.

As folhas afetadas tornam-se amareladas, secam e caem prematuramente (NASCIMENTO, 2022). A infecção depende da presença de água na superfície foliar por, no mínimo, seis horas, sendo favorecida por temperaturas entre 18 °C e 26,5 °C, se a situação for favorável, em situações de elevada incidência, pode ocorrer desfolhamento total, com abortamento floral e de vagens, comprometendo significativamente o enchimento de grãos (DALPRAI, 2024).

A Septoriose ou mancha parda, causada por *Septoria glycines*, pode levar a perdas de produtividade acima de 30%, geralmente associada ao crestamento foliar por *Cercospora kikuchii* (ALMEIDA et al., 2005). Os sintomas podem surgir após duas semanas da emergência, com pontos angulares de coloração castanho-avermelhada nas folhas unifoliadas. Posteriormente, evoluem para manchas com halo amarelado e centro castanho de contorno angular. Casos graves resultam em desfolha prematura e maturação precoce. O desenvolvimento da doença ocorre em ambientes quentes e úmidos, com molhamento foliar mínimo de seis horas e temperaturas entre 15 °C e 32 °C. O fungo persiste em restos culturais e seus esporos se disseminam por vento e água (DALPRAI, 2024).

A mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), é uma doença distribuída nas principais regiões produtoras de soja. Trata-se de um fungo nativo, com elevada gama de hospedeiros, que sobrevive em restos culturais e sementes infectadas (ALMEIDA et al., 2005). A infecção é favorecida pela alta umidade relativa. Os sintomas começam com pontuações pardas cercadas por halo amarelado, evoluindo para manchas circulares de coloração variando entre castanho-clara e castanho-escura. Tipicamente, essas lesões apresentam anéis concêntricos escurecidos, semelhantes a um alvo (DALPRAI, 2024).

3.3. Controle de doenças fúngicas

O manejo eficaz de doenças fúngicas na cultura da soja exige a integração de medidas culturais, uso de cultivares resistentes e aplicação criteriosa de fungicidas. Entre as práticas recomendadas no Brasil destacam-se a adoção de cultivares precoces com semeadura no início do período indicado, a eliminação de plantas voluntárias, a adoção do vazio sanitário e o uso de cultivares com genes de resistência. O controle químico deve ser realizado de forma preventiva ou no aparecimento dos primeiros sintomas (GODOY et al., 2020).

O uso de diferentes estratégias é vital para evitar que a variabilidade genética dos patógenos comprometa a estabilidade e sanidade da produção. Nesse contexto, o controle químico representa uma das ferramentas mais amplamente utilizadas (RAMOS, 2020).

Os fungicidas são classificados como sítio-específicos ou multissítios (MCGRATH, 2004). Os fungicidas sítio-específicos atuam sobre um metabólico ou enzima essencial, sendo absorvidos pelas plantas e apresentando propriedades sistêmicas (MCGRATH, 2004; GODOY et al., 2020). Contudo, a redução da sensibilidade dos patógenos aos triazóis, estrobilurinas e carboxamidas ao longo da última década reduziu a eficácia dessas moléculas (SCHIMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; GODOY et al., 2016; SIMÕES et al., 2018).

Já os fungicidas multissítios (mancozebe, clorotalonil e cúpricos) atuam em múltiplos pontos do metabolismo dos fungos, tornando-se peças-chave no manejo da resistência (MCGRATH, 2004). Eles agem a partir da germinação dos esporos,

formando uma proteção sobre a superfície foliar, bloqueando a ação do patógeno. Como não são ou são pouco absorvidos, há menor probabilidade de desenvolvimento de resistência pelos patógenos, o que favorece a sustentabilidade dessa estratégia de controle (RAMOS, 2020).

3.4. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários constitui-se em ferramenta essencial dentro do sistema produtivo agrícola, sendo particularmente relevante para culturas como a soja. Fundamenta-se no uso de conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, quando e se for necessário, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental (MATUO, FERREIRA, 2025).

O êxito da pulverização está diretamente vinculado à qualidade com que os produtos fitossanitários atingem o alvo. Isso implica o uso de gotas em número e tamanho adequados, distribuídas de maneira homogênea, assegurando a cobertura eficiente da área tratada e minimizando perdas por deriva ou escorrimento (PELEGRINI, 2021).

Entretanto, para que se obtenha sucesso nesse processo, é necessário o domínio de múltiplos fatores que influenciam direta ou indiretamente a eficiência da aplicação. Dentre esses fatores destacam-se o conhecimento detalhado da cultura-alvo, as características do produto fitossanitário utilizado, a escolha do equipamento de pulverização mais adequado e as condições meteorológicas vigentes no momento da aplicação (MATUO, 2007; MATARAZO, 2010).

3.5. Uso de adjuvantes

Nas aplicações de produtos fitossanitários, a calda de pulverização é composta por água, que atua como veículo de transporte para os ingredientes ativos. A água é compatível com a maioria das formulações comerciais, embora apresente elevada tensão superficial, o que limita sua capacidade de espalhamento sobre superfícies, como as superfícies cerosas das folhas (MATUO, FERREIRA, 2025). Essa característica faz com que as gotas assumam forma esférica ao serem depositadas, resultando em uma área de contato reduzida (BERGERON et al., 1999).

Para atenuar esse efeito, adicionam-se adjuvantes do tipo surfatante à calda, com o objetivo de diminuir a tensão superficial e ampliar a área de deposição (PALLADINI & SOUZA, 2005; DI OLIVEIRA, 2008). Segundo KISSMANN (1997), os adjuvantes agrícolas são utilizados para modificar propriedades físico-químicas da calda, sendo classificados conforme sua função: quelatizantes, acidificantes, redutores de pH, ativadores nitrogenados, espalhantes-adesivos, antiespumantes, redutores de fitotoxicidade, anti-evaporantes, espessantes, redutores de deriva, filtro solar e os denominados complexos, que apresentam múltiplas funções.

Estudos têm demonstrado que fatores como grupo químico, formulação e dosagens dos adjuvantes influenciam diretamente nas propriedades físico-químicas das caldas, como pH, tensão superficial e viscosidade (IOST, 2008; QUEIROZ et al., 2008; CUNHA & ALVES, 2009; FERREIRA, 2010). Essas propriedades, por sua vez, interferem na formação e no comportamento das gotas, podendo afetar seu tamanho, sua capacidade de aderência à superfície foliar e a suscetibilidade à deriva (CUNHA et al., 2003; THEBALDI et al., 2009).

Foi constatado por CUNHA & ALVES (2009) que as alterações nas propriedades físico-químicas das caldas foram distintas mesmo entre produtos com mesma indicação de uso, variando de acordo com a formulação e a dosagem. A sensibilidade do pH, tensão superficial e viscosidade à presença dos adjuvantes evidenciou a complexidade da interação entre os componentes da calda.

As gotas com diâmetro mediano volumétrico superior a 300 μm tendem a escorrer de superfícies foliares cerosas. O uso de agentes tensoativos favorece a redução da tensão superficial e melhora a retenção e a cobertura sobre essas superfícies (FERREIRA, 2010). Quando em contato com a folha, as gotas podem ser retidas, refletidas ou fragmentadas, de acordo com seu tamanho, velocidade, composição da calda e a natureza da superfície alvo. O comportamento dessas gotas está relacionado às propriedades da calda e dos adjuvantes presentes na formulação (HOLLOWAY, 1994).

A água, embora presente na composição da calda, apresenta baixa capacidade de retenção sobre superfícies hidrofóbicas devido à sua alta tensão superficial. Essa propriedade, influenciada por solutos dissolvidos, tende a manter as gotas em forma esférica. A presença de adjuvantes é, portanto, fundamental para amenizar essa limitação, favorecendo o espalhamento e a retenção do produto ao alvo (KISSMANN, 1997)

Entre os efeitos proporcionados pela redução da tensão superficial estão o aumento do espalhamento e da penetração dos ingredientes ativos. Os surfactantes são os principais agentes responsáveis por essas alterações (GREEN & HAZEN, 1998). O ângulo de contato formado entre a gota e a superfície pulverizada é um indicativo direto do espalhamento e depende tanto da calda quanto da natureza da

superfície. Quanto menor o ângulo de contato, maior o espalhamento do líquido (Decaro Junior et al., 2014).

3.6. Efeito da chuva sobre as aplicações

Nas principais regiões produtoras de soja no Brasil, o clima caracteriza-se por elevadas temperaturas, dias longos e altos índices pluviométricos durante a safra. A imprevisibilidade desses fatores afeta diretamente diversas etapas do processo produtivo, como o plantio, o desenvolvimento da cultura, a aplicação de insumos e a colheita, sendo a precipitação pluvial um dos principais elementos de incerteza enfrentados pelos sojicultores ao longo da safra (ANTUNIASSI, 2012; DECARO et al., 2016).

Essas mesmas condições ambientais, que favorecem o cultivo da soja, também proporcionam um ambiente propício à proliferação de insetos fitófagos, plantas daninhas e fitopatógenos (DECARO et al., 2016; ARAÚJO, 2020). A chuva interfere diretamente na qualidade e na efetividade dos produtos aplicados, promovendo sua diluição, redistribuição e até mesmo a remoção da superfície foliar, o que compromete a eficiência da aplicação (THACHER; YOUNG, 1999; FERREIRA et al., 2013; STEFANELLO et al., 2016).

Em estudo realizado por CALORE et al. (2015), foi constatado o impacto negativo da precipitação pluvial no controle de *Ipomoea hederifolia*, evidenciando a remoção dos produtos aplicados. Resultado semelhante foi observado por DECARO et al. (2016), ao constatarem redução nos depósitos de caldas fitossanitárias sobre mudas de citros submetidas à chuva artificial.

No que diz respeito ao controle de doenças, a eficiência dos fungicidas está condicionada não apenas à sua fungitoxicidade, mas também a propriedades como aderência, tenacidade e persistência, as quais estão intrinsecamente relacionadas à tecnologia de aplicação empregada (SANTOS et al., 2002). A permanência do fungicida na superfície foliar, mesmo sob condições meteorológicas adversas, é fundamental para a manutenção de níveis adequados de ingrediente ativo no controle dos fitopatógenos (RICH, 1954).

Em avaliações realizadas por FONSECA et al. (2016), verificou-se que fungicidas cúpricos formulados como suspensão concentrada apresentaram maior resistência e persistência nas folhas de mudas cítricas após simulação de chuva. Os fatores que mais influenciam essa relação entre fungicidas e precipitação incluem a intensidade e o volume da chuva, o intervalo entre a aplicação e o evento chuvoso, o ingrediente ativo, a formulação, a solubilidade do produto e o tipo de cultura (CABRAS et al., 2001; HUNSCHE et al., 2007; FONSECA et al., 2016).

De acordo com WEBER et al. (1937), uma chuva intensa é capaz de remover significativamente mais fungicida da superfície foliar do que diversas precipitações leves com volume total equivalente. DEBORTOLI (2008), ao estudar a ligação entre cultivares de soja e os fungicidas, verificou que chuvas de 20 mm após a aplicação reduzem a eficiência do controle químico do oídio e da ferrugem asiática. Resultados semelhantes foram obtidos por OLIVEIRA et al. (2011), STEFANELLO et al. (2016), CHECHI (2019) e ARAÚJO (2020), mostrando o efeito negativo da chuva sobre o residual dos produtos e no controle de doenças.

O modo de ação dos fungicidas também exerce influência sobre sua suscetibilidade à lavagem. Em estudo conduzido por TÖFOLI et al. (2014), avaliando

o impacto de 20 mm de chuva em intervalos de tempo no controle de requeima e pinta preta em batata, constatou-se que fungicidas de ação sistêmica são menos afetados por chuvas simuladas em comparação aos fungicidas de contato. Estes últimos, por permanecerem na superfície foliar, estão mais expostos à remoção, apesar de formarem barreiras protetoras eficazes contra a infecção quando distribuídos de maneira uniforme (HUNSCHE, 2007).

Adicionalmente, o uso de adjuvantes pode contribuir para auxiliar a eficiência dos fungicidas frente à ocorrência de chuvas, uma vez que esses produtos favorecem maior contato entre o ingrediente ativo e a superfície vegetal, além de reduzir o tempo necessário para sua absorção (DESBESSELL, 2014). DEBORTOLI (2008) verificou que a inclusão de adjuvantes à calda fungicida elevou a eficácia do controle da ferrugem asiática da soja, tanto nas aplicações submetidas à chuva quanto nas que não foram afetadas por precipitação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação situada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), no município de Jaboticabal, estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas -21,2398681° de latitude e -48,2893402° de longitude, a uma altitude de 582 metros.

4.2. Instalação e condução dos experimentos

As plantas de soja utilizadas nos dois experimentos foram cultivadas em vasos com capacidade de 1 litro (Figura 1), contendo substrato composto por terra, areia e

esterco bovino curtido na proporção de 3:1:1, respectivamente. A cultivar utilizada foi a Brasmax NEXUS I2X (64IX66RSF I2X).



Figura 1. Vasos de 1 litro, preenchidos com substrato, logo após semeadura de soja.

O experimento 1 foi instalado em 01/04/2025, com a semeadura de cinco sementes por vaso, sendo realizadas duas irrigações diárias até a germinação uniforme. Após a emergência, foi realizado o desbaste, mantendo-se uma planta por vaso. As plantas permaneceram em casa de vegetação sob irrigação diária. No décimo dia após a emergência (DAE), em 17/04/2025, foi realizada a adubação nitrogenada com nitrato de amônio (27-00-00) na dose de 0,1 g por vaso, para suprir a demanda de nitrogênio da planta, visto que não foi utilizado *Bradyrhizobium* no tratamento das sementes. Neste mesmo dia, foi também realizada a adição de cobertura vegetal em todos os vasos.

O experimento 2 teve início em 08/04/2025 com a semeadura de uma semente por célula em bandejas de mudas, que foram irrigadas três vezes ao dia até a germinação uniforme. Após a emergência e padronização das mudas, realizou-se o transplântio para vasos em 22/04/2025, mantendo-se uma planta por vaso. As mudas

permaneceram sob irrigação dupla diária até o pegamento, sendo então adotada irrigação diária única. No 13º dia após a emergência (27/04/2025), procedeu-se à aplicação de 0,1 g de nitrato de amônio por vaso.

4.3. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, sendo os fatores: três caldas: Oxicloreto de cobre (Difere), Difere + adjuvante 1 (Sky Pro), e Difere + adjuvante 2 (UltraBio); e três volumes de chuva simulada: 0 mm, 5 mm e 10 mm, acrescido de um tratamento adicional correspondente à testemunha não tratada, sendo eles: 0mm, 5mm e 10mm, para avaliar o depósito da planta sem aplicação da calda. Foram utilizadas cinco repetições no experimento 1 e quatro repetições no experimento 2.

4.4. Aplicação dos tratamentos e Chuva Artificial

As aplicações das formulações foram realizadas utilizando-se um pulverizador montado sobre quadriciclo Honda® 4x4, pressurizado por CO₂, equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização TT 11002, operando a 400 kPa de pressão e a 13 km h⁻¹ de velocidade (figura 2). O volume de calda aplicado foi de 80 L ha⁻¹ e a ponta de aplicação se manteve a 50 cm do topo das plantas de soja.

As plantas de soja utilizadas no experimento 1 no dia da aplicação se encontravam com 25 DAE e as do experimento 2 estavam com 30 DAE.

Ambos os experimentos foram realizados em campo aberto, sujeitos as condições ambientais igualmente adversas, tendo como única diferença o número de repetições, cinco no experimento 1 e quatro no experimento 2. As condições meteorológicas foram monitoradas para cada aplicação, com auxílio de um termo-

higroanemômetro digital LM 8000A (Lutron®). As condições encontradas para o experimento 1 foram: 22,3°C ($\pm 0,2$), vento 2 km/h (± 1), 77% de umidade (± 1); para o experimento 2 foram: 21,8°C ($\pm 0,3$), vento 4,8 km/h ($\pm 1,5$), 75% de umidade (± 1).

As diferentes caldas foram aplicadas de modo individual, e da mesma aplicação foi avaliada a concentração do fungicida na folha da planta de soja, nos diferentes volumes de chuva.

Durante as aplicações foram utilizados 5 papéis hidrossensíveis por tratamento, que foram coletados e digitalizados logo após a aplicação sendo utilizados para análise de cobertura da aplicação através do software Gotas (CHAIM et al., 2006), onde ele quantifica o percentual da área total do papel coberto por gotas.

Após a aplicação das caldas, aguardou-se um intervalo de 30 minutos para a simulação de chuva artificial. As folhas foram deixadas para secagem por duas horas antes da coleta para avaliação do depósito.

A chuva artificial foi realizada em sala equipada com simulador (figura 3), com prévia aferição da uniformidade pluviométrica por meio de medição da área de posicionamento dos vasos. A intensidade média registrada foi de 103 mm h⁻¹, valor que foi mantido em todas as simulações. O simulador utilizou seis pontas de pulverização modelo FL10, com espectro de gotas muito grossas (Teejet Technologies, 2014), posicionadas a 2,7 metros de altura e cobrindo um raio de 40 cm com boa uniformidade de distribuição.



Figura 2. Quadriciclo Honda® 4x4, pressurizado por CO₂, equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização, operando a 400 kPa de pressão, com taxa de aplicação de 80l/ha.



Figura 3. Simulador de chuva utilizado, volume de aplicação de 103 mm/h, onde foram marcados 5 pontos de mesma intensidade de chuva para alocar as plantas.

5. Avaliações

A quantificação do depósito de pulverização foi realizada por meio da coleta de dois folíolos por vaso, extraídos do mesmo trifólio e localizados nos terços médio e inferior das plantas, 120 minutos após a simulação de chuva. Os folíolos foram acondicionados em sacos plásticos contendo 100 mL de solução 0,2 N de HCl (Figura 4) e mantidos por 60 minutos em repouso para extração dos íons de cobre da superfície (MACHADO-NETO; MATUO, 1989; OLIVEIRA; MACHADO-NETO, 2003).



Figura 4. Folíolos acondicionados por 1 hora em sacos plásticos contendo solução de 0,2N de HCL.

Após a extração, as amostras foram filtradas e analisadas em espectrofotômetro de emissão atômica (PerkinElmer Optima 8000®), com base em curva de calibração estabelecida a partir de soluções-padrão. A área foliar dos folíolos foi determinada com auxílio de um integrador eletrônico de superfície (LI-3100C Area

Meter®), conforme metodologia descrita por SILVA et al. (2008). Os dados foram convertidos para quantidade de calda em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

5.1. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias (Levene), ambos com nível de significância de 5%. Para todas as variáveis, foi realizada análise de variância (teste F) e, quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram conduzidas por meio da linguagem de programação Python (Python Software Foundation, 2024).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, na avaliação de depósito, observou-se efeito significativo para o fator adjuvante (Tabela 1). A calda sem adjuvante apresentou os maiores valores de depósito, sendo superior à calda contendo UltraBio, enquanto o tratamento com SkyPro não apresentou diferença estatística em relação aos demais.

Esses resultados indicam que, nas condições em que o experimento foi conduzido, a adição de adjuvantes não proporcionou melhora na retenção da calda fungicida. Desse modo, nenhum dos adjuvantes causou uma melhora na concentração do produto, que isolado na calda não se afetou pela chuva.

Tabela 1. Concentrações obtidas após análise no espectrofotômetro e avaliação estatística obtida.

		Fator							
		Adjuvante				Chuva			
Tratamentos	Chuva	E1* ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	E2** ($\mu\text{g cm}^{-2}$)		E1* ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	E2** ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	E1* ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	E2** ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	
S/Adjuvante	5mm	0.61	0.28	S/Adjuvante	0,62 a***	0,25 a	0,50 a	0,27 a	5mm
	10mm	0.70	0.27						
	0mm	0.55	0.19						
SkyPro	5mm	0.57	0.24	Skypro	0,47 ab	0,24 a	0,47 a	0,24 a	10mm
	10mm	0.35	0.29						
	0mm	0.49	0.15						
UltraBio	5mm	0.34	0.18	UltraBio	0,35 b	0,23 a	0,61 a	0,20 a	0mm
	10mm	0.33	0.25						
	0mm	0.37	0.28						

*E1: Experimento um. **E2: Experimento dois. A direita temos a análise estatística dos fatores Adjuvante e chuva analisados separadamente. ***Letras minúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Ainda no primeiro experimento, os volumes de chuva simulada (0 mm, 5 mm e 10 mm) não apresentaram efeito sobre a variável analisada (Tabela 1), e não houve interação entre os fatores adjuvante e chuva. Essa ausência de resposta sugere que a formulação utilizada apresentou resistência à lavagem nos volumes testados, possivelmente devido à boa aderência conferida pelo próprio fungicida, mostrando que para essa questão a formulação do produto teve um resultado satisfatório. Embora a deposição tenha variado entre os tratamentos, os valores não foram estatisticamente distintos, indicando que, sob condições operacionais adequadas e ambientais mais estáveis, a chuva não comprometeu a retenção da calda nas folhas de soja.

No segundo experimento nenhum dos fatores avaliados apresentou efeito significativo (Tabela 1). As análises indicaram ausência de diferença tanto para o fator

adjuvante quanto para o fator chuva, além de interação não significativa. Os valores de deposição foram próximos entre si.

Ambos os experimentos tiveram certo nível de variabilidade, o que é típico de experimentos realizados em ambiente não controlado, onde fatores como velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e radiação solar podem influenciar diretamente na dinâmica de deposição e retenção da calda.

Diante dos dois experimentos pode-se notar que os efeitos observados no primeiro experimento foram confirmados no segundo, que teve uma diferença das concentrações obtidas menor, e, portanto, não teve variação estatística significativa dentro do experimento 2 (tabela 1).

Desse modo, a diferença de resposta obtida nas aplicações dos tratamentos reforça a importância do ambiente na condução de ensaios de tecnologia de aplicação, indicando que os benefícios potenciais dos adjuvantes, fungicidas, entre outros insumos podem ser suprimidos diante de condições adversas (MATUO, 2007; MATARAZO, 2010).

Na cobertura superficial das aplicações, foi verificado que não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado da análise de cobertura foliar obtida da avaliação dos papeis hidrossensíveis das caldas aplicadas.

Tratamentos	Cobertura	
	E1	E2
S/Adjuvante	8.95% a*	8.27% a
SkyPro	7.66% a	7.57% a
UltraBio	9.2% a	8.51% a

*Letras maiúsculas iguais não diferem entre si,
pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Diante dessas informações é possível inferir alguns resultados.

Observando a cobertura da aplicação, é possível notar que não se obteve uma variação, esse fator pode estar ligado ao fato de que a ponta de pulverização utilizada forma gotas médias, que são mais estáveis em relação a gotas finas levando em conta o fator deriva, onde o adjuvante poderia ter atuado de forma mais predominante (CUNHA, 2003).

Outro ponto a ser destacado é o percentual de cobertura total das folhas, que ficou abaixo do recomendado para fungicidas, isso está correlacionado a três fatores. O primeiro é que foi utilizada uma taxa de aplicação de 80 litros por hectare, mostrando que a redução no volume de aplicação pode afetar a efetividade dos produtos aplicados tendo como base a cobertura final. O segundo gira entorno da ponta escolhida devido a eficiência para avaliação de depósito, pois caso fosse utilizado uma ponta que produz gotas finas ou muito finas teria a possibilidade de não

ser possível verificar a variação entre os tratamentos, principalmente se fosse utilizada uma taxa de aplicação maior. O terceiro fator foram as condições de campo encontradas nas aplicações, onde gotas menores poderiam ter uma deriva elevada (GRIESANG; FERREIRA, 2021).

Os resultados obtidos indicam que a recomendação do uso de adjuvantes deve considerar o tipo de produto utilizado e os objetivos específicos da aplicação, avaliando a real necessidade de sua adição. Mais do que o produto ou o alvo biológico isoladamente, as condições ambientais no momento da pulverização exercem papel decisivo na eficácia do tratamento (GRIESANG; FERREIRA, 2018).

Observou-se, por exemplo, que não houve variação na concentração de cobre na superfície foliar entre os tratamentos submetidos ou não à simulação de chuva, o que evidencia a boa retenção do fungicida utilizado. Essa característica, atribuída à sua formulação e aos compostos presentes, torna redundante a adição de adjuvantes com foco em retenção. Assim, constata-se que o uso de adjuvantes deve ser precedido de uma análise sobre a real contribuição que esses produtos podem oferecer, evitando aplicações desnecessárias e ineficazes.

Mais estudos sobre a relação entre o depósito de produtos nas folhas após serem submetidos à chuva devem ser realizados.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que, sob as condições avaliadas, a formulação cúprica utilizada possui resistência à lavagem sem e com o uso de adjuvantes.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. R. et al. In: KIMATI, H. et al. Manual de fitopatologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: conceitos básicos, inovações e tendências. Botucatu: FCA/UNESP, 2012.
- ARAÚJO, V. C. R. Dinâmica da remoção pela chuva de fungicidas utilizados no controle de ferrugem asiática da soja. 2020. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- ARAÚJO, V. C. R. Retenção de fungicidas em folhas de soja, em função da ocorrência de chuva simulada em diferentes momentos após a aplicação. 2024.
- AZEVEDO, L. A. S. (Ed.). Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional. Jaboticabal: Multipress, 2017. 259 p.
- BALARDIN, R. S. et al. Mancozebe: muito além de um fungicida. Porto Alegre: Bookman, 2017. 96 p.
- BERGERON, V.; MARTIN, J. Y.; VOVELLE, L. Interaction of droplets with a surface: impact and adhesion. *Agro Food Industry Hi-Tech*, v. 10, n. 5, p. 21-23, 1999.
- CABRAS, P. et al. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and wine leaves. *Journal of Environmental Science and Health*, v. 36, p. 609-618, 2001.
- CALORE, R. A. et al. Distribution pattern, surface tension and contact angle of herbicides associated to adjuvants on spraying and control of *Ipomoea hederifolia* under rainfall incidence. *Engenharia Agrícola*, v. 35, p. 756-768, 2015.
- CERETTA, C. A. et al. Soja: produtividade e análise econômica. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005.
- CHECHI, A. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas, lixiviação pela chuva, volume de calda e tamanho de gota no controle da ferrugem em soja. 2019. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- CHIAM, A.; NETO, J. C.; PESSOA, M. C. P. Y. Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).
- COLPO, T. L. et al. Interferência de adjuvantes e horários de aplicação no espectro de gotas e no desempenho de fungicidas em soja. 2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Ajustes na área de milho e soja resultam em uma produção de 295,45 milhões de toneladas na safra 2023/2024. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5531-ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha*, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Interciencia*, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.

DALLAGNOL, A.; A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DALPRAI, A. L. Manejo de doenças foliares na cultura da soja com fungicidas químicos e biológico. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia).

DEBORTOLI, M. P. Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; CAMPOS, H. B. N. Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. *Aspects of Applied Biology*, v. 122, p. 415-422, 2014.

DECARO, R. A.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Deposit of pesticides without and with adjuvants on citrus seedlings following different intervals of artificial rain. *Ciência Rural*, v. 46, p. 13-19, 2016.

DESBESSELL, Diego Mateus; RAETANO, Carlos G. Effect of Adjuvants on Foliar Retention of Mancozeb and Control of *Phakopsora pachyrhizi* in Soybean Crop Under Precipitation Action, 2014. Available at SSRN 5325072.

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

EMBRAPA. Fungicidas multissítios: importância no manejo de resistência e na proteção de cultivos agrícolas. 2024. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134157/1/Circ-Tec-175.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

EMBRAPA. Oídio na soja: identificação e manejo. 2024. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135749/1/Circ-Tec-178.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. A soja no Brasil: história e estatística. Londrina: Embrapa Soja, p. 6-7, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Soja: sistema de produção: doenças e medidas de controle. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

ESCHER, F.; WILKINSON, J. A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 57, n. 4, 2019.

FERREIRA, M. C. et al. Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada. *Bioscience Journal*, v. 29, p. 1431-1440, 2013.

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

FONSECA, A. E.; NUNES, B. M.; FERREIRA JUNIOR, J. B. Tenacity and persistence of copper fungicides in citrus seedlings under simulated rainfall. *Revista Caatinga*, v. 29, p. 677-684, 2016.

FRAC-BR. Posicionamento do FRAC-BR para o manejo da resistência de fungos a fungicidas na cultura da soja. 2024. Disponível em:

https://www.fracbr.org/_files/ugd/6c1e70_5494e2a5f1204eafa26ec81bce3aec6f.pdf. Acesso em: 19 mar. 2025.

GODOY, C. V. et al. Asian soybean rust in Brazil: past, present and future. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, p. 407-421, 2016.

GODOY, C. V. et al. Ferrugem asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 39 p. (Documentos, 428).

GREEN, J. M.; HAZEN, J. L. Understanding and using adjuvants properties to enhance pesticide activity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMISTS, 5., 1998, Tennessee. Proceedings. Memphis: ISAA, 1998. p. 25-36.

HENNING, A. et al. Manual de identificação de doenças de soja. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76 p. (Documentos, 256).

HOLLOWAY, P. J. Physicochemical factors influencing the adjuvants: enhance spray deposition and coverage of foliage-applied agrochemicals. In: HOLLOWAY, P. J.; REES, R. T.; STOCK, D. (Ed.). Interactions between adjuvants, agrochemicals and target organisms. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 83-106.

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

IOST, C. A. R. Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. *Nucleus*, v. 10, n. 3, p. 83-101, 2013.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. Palestras... Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

KLOSOWKI, A. C. et al. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. *Pest Management Science*, v. 72, p. 211-215, 2016.

MARTINS, E. A.; OLIVEIRA, R. B. Efeito da chuva na eficiência de fungicidas aplicados na cultura da soja. 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/c9557200-1e8e-41cb-af99-6227ead12305>. Acesso em: 19 mar. 2025.

MATARAZO, F. J. Pesticides & adjuvants. Overview of the market, legislation and challenges related to illegal use. *Crop World South America*. (Oral presentation), 2010.

MATUO, T. Importância e desenvolvimento da tecnologia de aplicação. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, Jaboticabal, 2007. *Summa Phytopathologica*. Botucatu: Grupo Paulista de Fitopatologia, v. 33, n. 1, suplemento, p. 113-117, 2007.

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

MATUO, t.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de Aplicação de produtos Fitossanitários. *Cultura Acadêmica*. p. 81-88.

MCGRATH, M. T. What are fungicides? *The Plant Health Instructor*, 2004. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01.

- MEDICE, R. Produtos alternativos no manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. 2007. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. Manual de aplicação de produtos fitossanitários. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.
- MOITA NETO, J. M. Molhamento e ângulo de contato. Teresina: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí, 2006.
- NASCIMENTO, L. S. et al. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática em folíolos destacados de soja. 2022.
- OLIC, N. B. Os caminhos percorridos pela soja no Brasil. Revista Pangea – Quinzenário de Política, Economia e Cultura, 2001.
- OLIVEIRA, M. A. P.; ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D. Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicadas em soja, com e sem adição de óleo mineral na calda. Revista Energia na Agricultura, v. 26, p. 80-87, 2011.
- PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Sistema de produção de uva de mesa no norte do Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, p. 275-283, 2005.
- PELEGRINI, G. et al. Air-assisted spraying and electrically charged droplets for *Bemisia tabaci* control in soybeans. Pest Management Science, v. 78, n. 11, p. 4618-4627, 2022.
- PEREIRA, Elainy Botelho Carvalho; PEREIRA, Ailton Vitor; FRAGA, Antônio Carlos. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, p. 1653-1662, 2000.
- Python Software Foundation (2024) Python (Version 3.12.7).
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. Bioscience Journal, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.
- RAMOS, M. F. T. Depósito de caldas fungicidas e controle da ferrugem asiática em função da angulação da barra pulverizadora e da chuva na cultura da soja. 2020.
- REGO, Carlos Henrique Queiroz. Fenotipagem de alto rendimento durante o desenvolvimento de plantas e produção de sementes de soja sob deficiência hídrica. 2024.
- REVISTA CULTIVAR. Mofo na rede: *Sclerotinia sclerotiorum*. 2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/mofo-na-rede-sclerotinia-sclerotiorum>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- RICH, S. Dynamics of deposition and tenacity of fungicides. Phytopathology, v. 44, p. 203-213, 1954.
- RODRIGUES, A. P.; LIMA, M. A. Alteração das propriedades físico-químicas de caldas de pulverização com adição de adjuvantes. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ab1ba6a3-f766-4a18-9ba8-8b6d933e6e36/content>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- SANTOS, J. M. F.; OLIVEIRA, S. H. F.; DOMINGUES, S. D. Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* L.) do cafeeiro, sob chuva simulada. Arquivos do Instituto Biológico, v. 69, p. 45-49, 2002.

SANTOS, L. C.; FERREIRA, J. P. Uso de adjuvantes para retenção de fungicidas em folhas de soja sob chuva simulada. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/d3ee4980-798e-490c-a448-8ebf60d6667e>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SCHIMITZ, H. K. et al. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. *Pest Management Science*, v. 70, p. 378-388, 2014.

SICTEG. Controle químico da mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*) na cultura da soja, safra 2017/18. Disponível em: [https://www.sicteg.com.br/anais-da-4a-sicteg/control-quimico-da-mancha-alvo-\(corynespora-casiicola\)-na-cultura-da-soja,-safra-2017-18](https://www.sicteg.com.br/anais-da-4a-sicteg/control-quimico-da-mancha-alvo-(corynespora-casiicola)-na-cultura-da-soja,-safra-2017-18). Acesso em: 19 mar. 2025.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. *Bioscience Journal*, v. 24, p. 66-73, 2008.

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.

STEFANELLO, M. T. et al. Dinâmica do controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* em plantas de soja e diferentes regimes hídricos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 83, p. 1-6, 2016.

THACKER, J. R. M.; YOUNG, R. D. F. The effect of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. *Pest Management Science*, v. 55, p. 198-200, 1999.

THEBALDI, M. S. et al. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias*, v. 18, n. 2, p. 37-42, 2009.

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

UCEFF. Crestamento foliar de *Cercospora*. 2017. Disponível em: https://eventosantigo.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2017/615.pdf. Acesso em: 19 mar. 2025.

WEBER, A. L. Influence of different materials on coverage and adhesiveness of sprays and their effect on residue removal from apples. *New Jersey Agricultural Experimental Station Bulletin*, n. 627, p. 1-16, 1937.