

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAFAEL MARCÃO TAVARES

**MISTURAS DE PRODUTOS EM TANQUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DAS  
APLICAÇÕES FITOSSANITÁRIAS?**

UBERLÂNDIA

2022

RAFAEL MARCÃO TAVARES

**MISTURAS DE PRODUTOS EM TANQUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DAS  
APLICAÇÕES FITOSSANITÁRIAS?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo A. R. da Cunha

UBERLÂNDIA

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

T231 2022	<p>Tavares, Rafael Marcão, 1990- Misturas de produtos em tanque influenciam o desempenho das aplicações fitossanitárias? [recurso eletrônico] / Rafael Marcão Tavares. - 2022.</p> <p>Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.61">http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.61</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da, 1976-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

RAFAEL MARCÃO TAVARES

**MISTURAS DE PRODUTOS EM TANQUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DAS  
APLICAÇÕES FITOSSANITÁRIAS?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em  
Agronomia – Doutorado, área de concentração em Produção  
Vegetal, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADO em 17 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga (UFU)

---

Prof. Dr. Igor Souza Pereira (IFTM)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Mariana Rodrigues Bueno (UFVJM)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Nilvanira Donizete Tebaldi (UFU)

---

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha (ICIAG-UFU)  
(Orientador)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 09/2022, PPGAGRO				
Data:	Dezessete de dezembro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	12:55
Matrícula do Discente:	11913AGR009				
Nome do Discente:	Rafael Marcão Tavares				
Título do Trabalho:	Misturas de produtos em tanque influenciam o desempenho das aplicações fitossanitárias?				
Área de concentração:	Produção vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Cleyton Batista de Alvarenga - UFU; Nilvanira Donizete Tebaldi - UFU; Mariana Rodrigues Bueno - UFVJM; Igor Souza Pereira - IFTM; João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Cleyton Batista de Alvarenga, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/12/2022, às 13:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Nilvanira Donizete Tebaldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/12/2022, às 13:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/12/2022, às 13:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Igor Souza Pereira, Usuário Externo**, em 20/12/2022, às 08:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Rodrigues Bueno, Usuário Externo**, em 20/12/2022, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4142539** e o código CRC **BFBE81C8**.

---

*Aos meus amados pais, José Aparecido e Ana  
Aparecida, meus exemplos de dedicação e  
hombridade.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS pelo dom da vida, pela minha saúde, por todas as oportunidades diárias e pelas infinitas graças recebidas.

Aos meus pais, José Aparecido Tavares e Ana Aparecida Marcão Tavares, por serem os meus esteios de vida e pela formação da nossa família.

Aos meus irmãos, Filipe Marcão Tavares e Maria Luísa Marcão Tavares, por todo o companheirismo e ajuda.

À minha esposa, Lorane Cristina Exposto de Carvalho Tavares, pela paciência diária e apoio nos momentos de dificuldade.

Ao meu amigo e orientador, João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, pelos ensinamentos, paciência e empenho em ensinar.

Aos membros da banca, professores Cleyton, Igor, Mariana e Nilvanira, por aceitarem o convite, dedicarem o seu tempo e contribuírem para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos de LAMEC e companheiros de trabalho, por todo apoio e paciência.

Aos membros do Laboratório de Nanobiotecnologia da UFU, em especial Mário, Arlene e professor Luiz Ricardo Goulart (em memória), pela disponibilidade de tempo em me ensinar, além de espaço e equipamentos para a execução de análises cromatográficas.

Aos membros do Laboratório de Máquinas para Pulverização da UNESP - Botucatu, em especial Alisson, Gabriel e professor Ulisses Antuniassi, por cederem tempo, espaço e equipamentos para a execução de análises de espectros de gotas.

A todos os meus colegas de pós-graduação, que caminharam comigo durante este período tão importante na minha vida, agregando os meus conhecimentos e contribuindo na minha formação profissional.

À Universidade Federal de Uberlândia, onde passei os melhores momentos da minha vida até agora, pela minha formação desde a graduação até o doutorado.

Enfim, o meu agradecimento a todos os meus amigos, família e pessoas contribuintes para minha formação e para a execução desta tese. O meu reconhecimento que sozinho, eu seria incapaz. Muito obrigado!



## SUMÁRIO

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2 OBJETIVO GERAL.....	7
2.1 Objetivos específicos.....	7
REFERÊNCIAS .....	8
CAPÍTULO II.....	11
RESUMO .....	12
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. Testes de estabilidade física .....	20
2.2 Análises físico-químicas.....	21
2.3. Análises estatísticas .....	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
3.1. Estabilidade física de calda.....	24
3.2. Análises físico-químicas.....	29
3.2.1. Potencial hidrogeniônico .....	29
3.2.2. Condutividade Elétrica das caldas .....	36
3.2.3. Tensão superficial das caldas .....	40
4 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS .....	47
CAPÍTULO III .....	50
RESUMO .....	51
ABSTRACT .....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1. Estabilidade física de calda.....	58
2.2. Análises físico-químicas.....	59
2.3. Espectros de gotas .....	60

2.4. Absorção de azoxistrobina.....	61
2.5. Análises estatísticas .....	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
3.1. Estabilidade física de calda.....	67
3.2. Análises físico-químicas.....	68
3.3. Espectros de gotas .....	72
3.4. Absorção de azoxistrobina.....	74
4 CONCLUSÕES .....	79
REFERÊNCIAS .....	80
CAPÍTULO IV .....	83
RESUMO .....	84
ABSTRACT .....	85
1 INTRODUÇÃO.....	86
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	90
2.1. Eficiência de aplicação .....	93
2.2. Eficácia de controle .....	94
2.3. Análises estatísticas .....	96
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	98
3.1. Eficiência de aplicação .....	99
3.1.1. Deposição de calda .....	99
3.1.2. Perdas de calda para o solo.....	100
3.2. Eficácia de controle .....	102
3.2.1. Severidade de doenças.....	102
3.2.2. Atributos de produtividade .....	104
4 CONCLUSÕES.....	107
REFERÊNCIAS .....	108
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	111
APÊNDICE A .....	112
APÊNDICE B.....	113
APÊNDICE C.....	114

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

FIGURA 1 – Detalhes das análises físico-químicas. A) Medição de pH e condutividade elétrica das caldas com peagâmetro e condutivímetro portátil. B) Medição da tensão superficial em tensiômetro de bancada.....22

### CAPÍTULO III

FIGURA 1 – A) Detalhe das parcelas experimentais, compostas por quatro plantas como repetições, e B) de cada planta envolvida por saco plástico, com exposição das três folhas para amostragem.....62

FIGURA 2 – Equipamento utilizado para realização da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS).....64

### CAPÍTULO IV

FIGURA 1 – Escala diagramática das doenças de final de ciclo da soja. Painel superior com os sintomas agregados. Painel inferior com os sintomas aleatoriamente distribuídos (MARTINS et al, 2004).....95

### APÊNDICE C

FIGURA 1 – Incompatibilidades de mistura entre o fungicida mancozebe com as fontes de glifosato: A) mancozebe + glifosato em sal de potássio; B) mancozebe + glifosato em sal de amônio; C) mancozebe + sal isopropilamina.....113

FIGURA 2 – Incompatibilidades de mistura entre o fungicida mancozebe com o cloreto de Mn.....113

FIGURA 3 – Incompatibilidades de mistura entre as fontes de glifosato e o cloreto de Mn: A) glifosato em sal de potássio; B) glifosato em sal de amônio; C) glifosato em sal isopropilamina.....113

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

TABELA 1 – Misturas compostas por fungicidas com glifosato (Experimento 1), adjuvantes (Experimento 2) e produtos de nutrição foliar (Experimento 3).....	18
TABELA 2 – Misturas compostas por glifosato com adjuvantes (experimento 4) e produtos de nutrição foliar (experimento 5).....	19
TABELA 3 – Ingredientes ativos e doses dos produtos comerciais utilizados nos 5 experimentos.....	20
TABELA 4 – Estabilidade física de misturas contendo fungicidas, glifosato, adjuvantes e fontes de Mn, em diferentes tempos de observação.....	24
TABELA 5 – Estabilidade física das misturas de glifosato com adjuvantes e fontes de Mn, em diferentes tempos de observação.....	26
TABELA 6 – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas do potencial hidrogeniônico.....	29
TABELA 7 – Potencial hidrogeniônico (pH) de caldas compostas por misturas de fungicidas com glifosato, adjuvantes e fontes de Mn.....	30
TABELA 8 – Potencial hidrogeniônico (pH) de caldas compostas por misturas de glifosato com adjuvantes ou fontes de Mn.....	32
TABELA 9 – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas de condutividade elétrica das caldas.....	35
TABELA 10 – Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas de fungicidas, glifosato, adjuvantes e fontes de Mn.....	37
TABELA 11 – Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas entre fontes de glifosato e fontes de manganês (Experimento 5).....	39
TABELA 12 – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas da tensão superficial das caldas.....	40
TABELA 13 – Tensão superficial ( $\text{mN m}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas de fungicidas, glifosato, adjuvantes e fontes de Mn.....	41
TABELA 14 – Tensão superficial ( $\text{mN m}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas entre fontes de glifosato e fontes de manganês.....	43

### **CAPÍTULO III**

TABELA 1 – Descrição dos tratamentos utilizados, envolvendo misturas fungicidas.....56

TABELA 2 – Ingredientes ativos e doses dos produtos comerciais utilizados.....57

TABELA 3 – Estabilidade física das caldas fungicidas, em diferentes tempos de observação: azoxistrobina (FG), azoxistrobina + glifosato (GL), azoxistrobina + óleo mineral (OM), azoxistrobina + ácido propiônico (AP), azoxistrobina + óleo de laranja (OL).....66

TABELA 4 – Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e tensão superficial de diferentes caldas fungicidas em mistura com glifosato ou adjuvantes: azoxistrobina (FG), azoxistrobina + glifosato (GL), azoxistrobina + óleo mineral (OM), azoxistrobina + ácido propiônico (AP), azoxistrobina + óleo de laranja (OL).....68

TABELA 5 – Diâmetro da mediana volumétrica (DMV,  $\mu\text{m}$ ), amplitude relativa (AR) e porcentagem do volume de gotas pulverizadas com diâmetros menores do que  $100 \mu\text{m}$  ( $D_v < 100 \mu\text{m}$ ) em função da composição da mistura fungicida. Azoxistrobina (FG), azoxistrobina + glifosato (GL), azoxistrobina + óleo mineral (OM), azoxistrobina + ácido propiônico (AP), azoxistrobina + óleo de laranja (OL).....72

TABELA 6 – Absorção de azoxistrobina (%), aplicada com diferentes caldas fitossanitárias, avaliada ao decorrer do tempo após a aplicação (horas A.A.), em folhas de soja. Azoxistrobina (FG), azoxistrobina + glifosato (GL), azoxistrobina + óleo mineral (OM), azoxistrobina + ácido propiônico (AP), azoxistrobina + óleo de laranja (OL).....74

### **CAPÍTULO IV**

TABELA 1 – Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos, envolvendo misturas fungicidas.....90

TABELA 2 – Valores de F calculados nas análises de variâncias das análises conjuntas entre as caldas estudadas e os ciclos de sojas nos dois experimentos executados, para cada uma das variáveis avaliadas.....97

TABELA 3 – Deposição de calda com marcador nas folhas das metades superior e inferior do dossel de sojas de ciclos precoce e médio ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ).....99

TABELA 4 – Perdas para o solo ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ), após aplicações de misturas fungicidas, em sojas de ciclo precoce e médio, para controle de doenças de final de ciclo (DFCs).....100

TABELA 5 – Área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD) de final de ciclo, em soja de ciclos precoce e médio, submetidas a diferentes tratamentos com misturas fungicidas, nas duas áreas experimentais.....103

TABELA 6 – Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e massa de mil grãos (PMG, g), em soja de ciclos precoce e médio, submetidas a diferentes tratamentos com misturas fungicidas, nas duas áreas experimentais.....104

**APÊNDICE A**

TABELA 1 – Estabilidade física dos produtos individuais em soluções aquosas, em diferentes tempos de observação.....111

**APÊNDICE B**

TABELA 1 – Características físico-químicas dos produtos individuais, os quais comporam as misturas duplas nos experimentos seguintes.....112

## RESUMO

TAVARES, Rafael Marcão. **Misturas de produtos em tanque influenciam o desempenho das aplicações fitossanitárias?** 2022. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

Misturas de produtos químicos em tanques de pulverizadores, praticadas equivocadamente, dificultam posicionamentos corretos de tecnologia de aplicação e ocasionam incompatibilidades entre moléculas. Este trabalho objetivou estudar misturas em tanque, suas características físico-químicas, espectros de gotas pulverizadas e absorção de fungicida aplicado, a fim de verificar os impactos na eficiência de aplicação e na eficácia de controle de doenças. Dividiu-se a pesquisa em três partes envolvendo a cultura da soja, nas quais estudou-se caldas fungicidas e herbicidas, acrescidas de adjuvantes e fertilizantes foliares. Realizou-se testes visuais de estabilidade física; análises de pH, condutividade elétrica e tensão superficial; análise do espectro de gotas, através de analisador de partículas por laser; avaliação de absorção de fungicida através de cromatografia gasosa; avaliação de deposição de calda e perdas para o solo, com corante marcador; e avaliação de eficácia de controle de doenças, por meio de escala diagramática e atributos de produtividade. Utilizou-se um pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, pontas de pulverização TT110015, taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup> e velocidade de trabalho de 3,6 km h<sup>-1</sup>. Na primeira parte da pesquisa, realizou-se estudos físico-químicos com caldas fungicidas (azoxistrobina + ciproconazol; trifloxistrobina + protioconazol + bixafen; e mancozebe) em misturas com glifosato (sal de potássio, sal de amônio e sal isopropilamina), adjuvantes (óleo mineral, ácido propiônico e óleo de laranja) e fertilizantes foliares (cloreto de Mn, Mn quelatizado em EDTA e Mn quelatizado em ácido cítrico) e com glifosato acrescidos dos mesmos adjuvantes ou Mn. Na segunda parte, além de estudos físico-químicos, avaliaram-se também espectros de gotas e absorção do fungicida azoxistrobina por folhas de soja, através dos tratamentos: 1. azoxistrobina; 2. azoxistrobina + glifosato; 3. azoxistrobina + óleo mineral; 4. azoxistrobina + ácido propiônico; 5. azoxistrobina + óleo de laranja. Nessas duas primeiras partes os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Na terceira parte da pesquisa, repetiram-se os tratamentos da parte anterior, a fim de avaliar manejo de doenças de final de ciclo (DFCs) da soja, com experimentos em duplicata conduzidos em delineamento de blocos casualizados sobre variedades de ciclos precoce e médio. Apenas o mancozebe foi incompatível com o glifosato e com o cloreto de Mn. As fontes de glifosato foram incompatíveis com cloreto de Mn. Caldas fungicidas tenderam a faixas de pH neutro e alcalino. Glifosato, ácido propiônico e Mn em ácido cítrico foram agentes acidificantes. Caldas ácidas apresentaram maior condutividade elétrica. Adjuvantes reduziram as tensões superficiais. As pulverizações foram classificadas com espectro de gotas médias. A calda azoxistrobina + glifosato foi a mais propensa a perdas por deriva e reduziu a absorção do fungicida, a qual foi aumentada nas caldas com adjuvantes. O acréscimo de óleo mineral elevou a deposição das caldas, mas não evitou perdas para o solo. A aplicação de azoxistrobina foi eficaz no manejo de DFCs. Não é recomendável a mistura de glifosato com azoxistrobina. Apesar de as composições dos produtos determinarem as propriedades físico-químicas das caldas, isso não explica isoladamente as suas compatibilidades. Misturas em tanque afetam os atributos de desempenho estudados acerca das aplicações fitossanitárias.

**PALAVRAS-CHAVE:** misturas em tanque, azoxistrobina, calda fitossanitária, propriedades físico-químicas.

## ABSTRACT

TAVARES, Rafael Marcão. **Do tank mixtures of products influence the performance of phytosanitary applications?** 2022. 112 p. Thesis (Doctorate in agronomy) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Mixtures practiced mixtures of chemical products in sprayer tanks hinder the correct positioning of application technology and cause incompatibilities between molecules. This work aimed to study tank mixtures, their physicochemical characteristics, spray droplet spectra and absorption of applied fungicide, in order to verify the impacts on application efficiency and disease control efficacy. The research was divided into three parts involving the soybean crop, in which fungicide and herbicide grouts plus adjuvants and foliar fertilizers were studied. We carried out visual tests of physical stability; pH, electrical conductivity and surface tension analysis; droplet spectrum analysis, using a laser particle analyzer; fungicide absorption evaluation by gas chromatography; evaluation of droplet deposition and losses to the soil, using a dye marker; and disease control efficacy evaluation, using a diagrammatic scale and yield attributes. A CO<sub>2</sub> pressurized sprayer was used, TT110015 spray tips, application rate of 160 L ha<sup>-1</sup> and working speed of 3.6 km h<sup>-1</sup>. In the first part of the research, physicochemical studies were performed with fungicide grouts (azoxystrobin + cyproconazole; trifloxystrobin + prothioconazole + bixafen; and mancozeb) in mixtures with glyphosate (potassium salt, ammonium salt and isopropylamine salt), adjuvants (mineral oil, propionic acid and orange oil) and foliar fertilizers (Mn chloride, Mn chelated in EDTA and Mn chelated in citric acid), and with glyphosate plus the same adjuvants or Mn. In the second part, besides physicochemical studies, droplet spectra and absorption of the fungicide azoxystrobin by soybean leaves were also evaluated using the following treatments: 1. azoxystrobin; 2. azoxystrobin + glyphosate; 3. azoxystrobin + mineral oil; 4. azoxystrobin + propionic acid; 5. azoxystrobin + orange oil. In these first two parts, the experiments were conducted in an entirely randomized design. In the third part of the research, the treatments from the previous part were repeated in order to evaluate management of end-of-cycle diseases (OFDs) of soybeans, with experiments conducted in duplicate in a randomized block design, on early and mid-cycle varieties. Only mancozeb was incompatible with glyphosate and Mn chloride. Glyphosate sources were incompatible with Mn chloride. Fungicide grouts tended toward neutral and alkaline pH ranges. Glyphosate, propionic acid, and Mn in citric acid were acidifying agents. Acidic grouts presented higher electrical conductivity. Adjuvants reduced surface tension. The sprays were classified with medium droplet spectrum. The azoxystrobin + glyphosate mixture was the most prone to drift losses and reduced fungicide uptake, which was increased in the grouts with adjuvants. The addition of mineral oil increased grout deposition, but did not prevent losses to the soil. The application of azoxystrobin was effective in managing OFDs. Mixing glyphosate with azoxystrobin is not recommended. Although the compositions of the products determine the physicochemical properties of the grouts, this does not explain their compatibilities in isolation. Tank mixtures affect the performance attributes studied about phytosanitary applications.

**KEYWORDS:** tank mixtures, azoxystrobin, grout, physicochemical properties.



## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura sempre foi uma das principais atividades do ser humano, na busca da produção de alimentos e matéria prima para a sua sobrevivência. Diante do crescimento acelerado da população mundial e da necessidade em se preservar o meio ambiente, houve necessidades de otimização dessa atividade. Por isso, desde o último século, algumas revoluções ocorreram na produção agrícola a fim de elevar os índices de produtividade e evitar prejuízos aos recursos naturais.

Desde o início dos anos 1960, a população mundial dobrou, chegando a 7,7 bilhões de pessoas em 2019, com uma previsão de chegar a 9,7 e 10,9 bilhões de pessoas, até os anos de 2050 e 2100, respectivamente. De maneira paralela, a produção mundial de alimentos também vem crescendo. Na última década, por exemplo, houve acréscimos médios de 20% na produção mundial de cereais, enquanto a área agrícola destes aumentou em média apenas 5%, neste mesmo período (FAO, 2018; ONU, 2019).

A produção agrícola brasileira, por sua vez, se destaca no mercado mundial, com tetos de 262,1 milhões de toneladas de grãos na safra de 2020/2021 e acréscimo de 61% na produção nacional nos últimos dez anos. Sobre a área agrícola dedicada a estas produções, nesta mesma safra o Brasil atingiu 68,7 milhões de hectares, um acréscimo de 38% neste mesmo período (CONAB, 2022; BRASIL, 2021).

Como principal cultura produzida no Brasil, a soja ganha ainda mais destaque na agroindústria mundial, pois além de ser fonte alimentícia também é relevante nas produções de óleos e biocombustíveis. Neste cenário, a produção brasileira é reconhecida no mercado internacional, com 122 milhões de toneladas na safra 2021/2022, figurando como o maior produtor desta oleaginosa no mundo (CONAB, 2022).

Estes resultados se dão devido aos avanços nas tecnologias empregadas na agricultura moderna. Técnicas de melhoramento genético, avanços nos conhecimentos de fertilidade de solo e nutrição de plantas, irrigação e mecanização agrícolas são alguns exemplos dos nichos aprimorados durante as revoluções da agricultura mundial. Além desses, uma área a ser destacada é a do manejo fitossanitário, isto é, a proteção das plantas cultivadas frente as pragas prejudiciais à sua sanidade, a fim de garantir às culturas condições para expressar ao máximo o seu potencial produtivo, e evitar os prejuízos causados pela competição e ataque de plantas invasoras, insetos pragas e patógenos.

Apesar dos grandes avanços, os problemas fitossanitários causam impactos negativos sobre a agricultura moderna, pois afetam a produtividade das lavouras e dificultam a sustentabilidade do agronegócio. Diante disso, o controle dessas pragas torna-se fundamental para a produção agrícola, nos aspectos econômico, ambiental e social. Nesse sentido, o manejo fitossanitário assume um caráter mais amplo, integrando várias técnicas de manejo a fim de garantir a viabilidade econômica da produção, proteger a saúde e a segurança da sociedade, sem causar danos ao meio ambiente e aos seus recursos naturais (ANTUNIASSI et al., 2021; MINGUELA; CUNHA, 2010).

Dentre estas técnicas sustentáveis, a aplicação de produtos fitossanitários sobre as lavouras é necessária como uma medida mais drástica frente ao alto poder destrutivo de determinados organismos pragas. A aplicação objetiva o controle econômico de plantas daninhas, insetos e doenças, pela distribuição precisa do produto, de maneira mais uniforme possível, através da pulverização de gotas sobre os alvos (ANTUNIASSI et al., 2021; AZEVEDO, 2015).

No caso do manejo de doenças, a tecnologia de aplicação deve ser posicionada criteriosamente, pois muitas vezes trata-se de alvos agressivos e de difícil acesso para as gotas de pulverização nas culturas. No caso da soja, por exemplo, o sucesso de produção pode ser seriamente comprometido pela ocorrência de doenças, como a ferrugem asiática e o complexo de doenças de final de ciclo (GABARDO et al., 2022).

Para a aplicação fitossanitária existem diversas tecnologias que proporcionam depósitos adequados sobre os alvos e, conseqüentemente, melhor eficácia no controle fitossanitário. Os pulverizadores, equipamentos utilizados para as aplicações, devem ser bem calibrados e regulados, bem como as pontas de pulverização, as responsáveis pelas quebras de gotas, devem ser bem posicionadas de acordo com os alvos almejados. As condições meteorológicas, favoráveis para a melhor eficiência da aplicação, e os adjuvantes, produtos adicionados as caldas de pulverização a fim de otimizar os tratamentos, devem ser escolhidas adequadamente para evitar perdas durante a operação (ANTUNIASSI et al., 2021; CONTIERO et al., 2018).

Todas estas tecnologias de aplicação devem ser posicionadas tecnicamente de acordo com fatores importantes, tais como: a cultura em questão, a sua fenologia e comportamentos; a praga alvo da aplicação e o momento mais adequado para o seu manejo; os produtos fitossanitários, químicos ou biológicos, de contato ou sistêmico, que melhor se enquadram nas realidades da cultura e pragas alvos; o ambiente no qual ocorrerá a operação, suas condições

de clima, relevo, culturas e áreas adjacentes; e os próprios equipamentos de pulverização (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011; MINGUELA; CUNHA, 2010).

Além de todos estes fatores, há ainda a mistura fitossanitária, comumente denominada de mistura em tanque, composta no tanque do pulverizador a partir da junção de todos os produtos e solventes, fitossanitários ou não, componentes da calda de aplicação (GAZZIERO, 2015). Esta calda é composta pelo seu diluente principal, em geral a água, pelos produtos fitossanitários, formulados com ingredientes ativos e inertes, adjuvantes externos, também compostos por inertes em sua formulação, além de outros produtos, por exemplo, para nutrição foliar (AZEVEDO, 2015; CONTIERO et al., 2018).

A intenção desta mistura é otimizar as aplicações, isto é, realizar várias operações em uma mesma calda de forma otimizada, a fim de evitar perdas durante o processo, economizar tempo e dinheiro, agregar em eficácia de controle e reduzir o número de entradas na área (GAZZIERO, 2015). No entanto, a complexidade da mistura pode resultar em efeitos adversos, devido ao não conhecimento detalhado das reações que ocorrem entre os componentes no interior do sistema de pulverização, ocasionando perdas por inativações químicas e físicas (GANDINI et al., 2020).

Espera-se das misturas em tanque, uma emulsão propícia à aplicação, para os componentes se agregarem entre si com resultados de uma calda homogênea. No entanto, mesmo diante de emulsões aparentemente perfeitas, há possibilidades de degradações de moléculas, incompatíveis quimicamente entre si.

As inativações ocorrem devidas às incompatibilidades de misturas entre os componentes da calda de pulverização. Essas incompatibilidades podem ser invisíveis, se ocorrerem através de inativações químicas, nas quais as interações entre as moléculas se dão de maneira antagônica a algum dos componentes da calda, prejudicando a sua eficácia. As inativações físicas, por outro lado, resultam em incompatibilidades visíveis, nas quais o antagonismo entre as moléculas provoca a mudança de estado físico da calda, com resultado na complexação e percolação dos ativos no tanque, formação de borras no sistema, entupimento de bomba, filtros e pontas de pulverização (ANTUNIASSI et al., 2021; COSTA et al., 2020).

Em relação às misturas fungicidas, Silva (2020) destaca a importância dessas caldas na cultura da soja, mas ressalta a necessidade de medidas favoráveis à retenção e absorção destes produtos pelas plantas. Uma das alternativas para isso seriam as misturas dos fungicidas com adjuvantes, as quais podem melhorar a eficácia de controle sobre os patógenos, porém em

alguns casos podem ocorrer prejuízos às aplicações devidas às incompatibilidades destes aditivos com os fitossanitários (LOPES, 2018; SILVA, 2020).

No campo, também se tornou muito comum a associação dos fungicidas com herbicidas, a fim de otimizar aplicações fitossanitárias no sentido de se atingirem vários alvos simultaneamente (KARKANIS et al., 2018). No caso das lavouras de soja, por exemplo, é comum observar-se aplicações de fungicidas, nos estádios vegetativos das culturas, em misturas com herbicidas como o glifosato e graminicidas. Essa tentativa de otimização operacional, no entanto, pode ser prejudicial se os produtos utilizados em misturas nas caldas forem incompatíveis, especialmente quanto as suas características físico-químicas (COSTA et al., 2020; GAZZIERO, 2015; MORAES et al., 2018).

Mais criteriosas ainda, em se tratando de aplicações de misturas fungicidas, se mostram aquelas nas quais envolve-se fertilizantes foliares, pois tratam-se de produtos com as mais variadas características de pH e condutividade elétrica, além de diferentes formulações, podendo afetar negativamente o desempenho dos fitossanitários. A prática dessas misturas também é muito comum na cultura da soja, especialmente para as variedades resistentes ao herbicida glifosato, devido às aplicações de nutrição suplementar (COSTA et al., 2019; DI RAIMO et al., 2018; GANDINI et al., 2020).

Os componentes da mistura interagem entre si, muitas vezes de maneira imprevisível, sendo necessário entender as suas particularidades. Sobre a água, deve-se conhecer a sua pureza, temperatura, pH e dureza. Em relação aos produtos fitossanitários, deve-se saber a classificação e compatibilidades das formulações, se são passíveis de mistura e quais as incompatibilidades possíveis, as influências da alcalinidade e acidez, além de possíveis reações de degradação e hidrólise. Quanto aos adjuvantes, nos mais diversos tipos possíveis, também é importante conhecer a formulação e as suas interações com os outros componentes (AZEVEDO, 2015; CUNHA et al., 2017; GANDOLFO, 2018).

As interações físico-químicas, entre estes fatores, influenciam diretamente no desempenho da tecnologia de aplicação. A taxa de aplicação deve ser indicada de acordo com a mistura em tanque, pois caldas de alta concentração, com produtos de difícil diluição, dificultam aplicações em taxas reduzidas, especialmente com pontas de pulverização de orifícios muito finos. O processo de quebra de gotas e a distribuição sobre os alvos também são impactados de acordo com os componentes da mistura, pois as propriedades da calda mudam à medida que novos componentes são adicionados, com alterações na densidade, no diâmetro das gotas e na cobertura. Além disso, há influência no comportamento destas gotas

no ambiente, na sua vida útil e nas possibilidades de perdas (CHECHETTO et al., 2013; GANDOLFO, 2018).

Após as aplicações, também há importância das misturas na eficácia dos produtos fitossanitários, no processo de absorção dos ativos pelas plantas. Não se sabe ao certo se a prática da mistura pode alterar o potencial de penetração dos produtos fitossanitários na camada cerosa das plantas e na cutícula, no caso de produtos sistêmicos. Neste ponto, há dúvidas se existe sinergismo ou antagonismo, de acordo com o produto em mistura e se há alterações com a utilização de alguns adjuvantes.

Após a aplicação, os fungicidas classificados como sistêmicos precisam ser absorvidos pelas plantas, isto é, penetrarem o tecido vegetal, translocar e atuar no metabolismo dos alvos, para exercerem seus efeitos (OYAN, 2019). Existem muitas substâncias utilizadas em misturas com fungicidas para promover maior cobertura das folhas e conseqüentemente, aumentar a absorção dos ingredientes ativos. Por isso, diversos fabricantes destes fitossanitários recomendam o uso de adjuvantes em misturas, a fim de aumentar a superfície de contato das gotas de pulverização, facilitar a quebra da camada cerosa das folhas e favorecer a absorção dos fungicidas, ou seja, aumentar a eficácia de controle dos patógenos (GALVÃO et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2018).

Sobre os adjuvantes, estes atuam como fatores limitantes nas misturas em tanque e podem agir como compatibilizadores de calda, melhorando a emulsão da calda, no entanto, é impossível prever o efeito final do adjuvante sem considerar o fitossanitário. Em alguns casos, há ação sinérgica de adjuvantes sobre a eficácia dos fitossanitários, como o estímulo e aceleração da absorção, a regulação da faixa de pH para níveis ideais e a proteção de moléculas passíveis de degradação. Porém, em outras situações, se mal posicionados, os adjuvantes podem provocar sérias incompatibilidades físicas e químicas na calda, ocasionando degradações de ativos e favorecendo a ocorrência de perdas (CUNHA et al., 2017; LI et al., 2019).

Ainda se conhece pouco acerca destas reações e os impactos sobre os tratamentos, tanto que a própria legislação brasileira regularizou esta prática, amplamente utilizada, apenas em 2018, através da IN 40 publicada em 11 de outubro (BRASIL, 2018). Até esta data, nenhum profissional do agronegócio tinha respaldo legal para posicionar misturas fitossanitárias em tanque, apesar de ser uma prática de aproximadamente 97% dos agricultores brasileiros (GAZZIERO, 2015). A partir de então, estabeleceram-se critérios e procedimentos a serem adotados para recomendar esta prática, com prescrição em receituário agrônomo (GANDINI et al., 2020).

Mesmo após a regulamentação, diante destas complexidades na prática das misturas em tanque, há grande preocupação em entender melhor as reações entre as moléculas presentes na calda, a fim de evitar perdas, agregar eficácia e otimizar as aplicações. Por isso, ainda se esperam estudos e entendimentos sobre este tema, especialmente no que diz respeito às suas influências sobre as absorções das caldas nos tecidos vegetais.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Estudar os efeitos das misturas de produtos em tanque nas aplicações fitossanitárias, contendo fungicidas, herbicidas, adjuvantes e fertilizantes foliares na cultura da soja e subsidiar cientificamente estas caldas no campo.

### **2.1 Objetivos específicos**

Avaliar a influência de misturas em tanque sobre as características físico-químicas de caldas fungicidas e de caldas herbicidas, ambas com adjuvantes ou com fertilizantes foliares, além de fungicidas com herbicidas.

Avaliar os espectros de gotas formados a partir de caldas fungicidas.

Estudar a absorção de caldas fungicidas e avaliar os impactos de misturas com glifosato, adjuvantes e fertilizantes foliares.

Avaliar a eficiência da aplicação de fungicidas e a eficácia de controle de doenças, mediante aplicações de diferentes misturas em tanque.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. 279 p.
- ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2021.
- AZEVEDO, L. A. S. **Misturas de tanque de produtos fitossanitários: teoria e prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2015, 230 p.
- BRASIL. Instrução Normativa Conjunta MAPA/ANVISA/IBAMA nº 40, de 11 de outubro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, Ed. 198, n. 8, p. 3, 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/45173700/do1-2018-10-15-instrucao-normativa-n-40-de-11-de-outubro-de-2018-45173522](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/45173700/do1-2018-10-15-instrucao-normativa-n-40-de-11-de-outubro-de-2018-45173522). Acesso em: 1 jun. 2022.
- CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2021/22**: sétimo levantamento. Brasília, DF: CONAB. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 1 set. 2022.
- CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de aplicação. *In*: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (org.). **Hortaliças-fruto**. 1. ed. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449.
- COSTA, G. A.; LIRA, J. B.; FREITAS-LOPES, R. L.; LOPES, U. P. Tank mix application of copper hydroxide either with cyproconazole or pyraclostrobin fungicides reduced the control of coffee leaf rust. **Crop Protection**, Londres, v. 124, n. 1, p. 1-4, 2019.
- COSTA, L. L.; SANTO, T. C. M.; ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. C.; LEÃO-ARAÚJO, E. F.; TIMOSSI, P. C. Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 19, n. 3, p. 1-8, 2020.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.
- DI RAIMO, L. A. L.; SOARES, A. P.; AMORIM, R. S. S.; ESPINOZA, D. M.; MAGALHÃES, W. A.; TORRES, G. N. Aplicação conjunta de micronutriente (Mn) e fungicida em cultivo de soja. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 6, n. 1, p. 9-14, 2018.
- FAO – Food and Agricultural Organization. **World Food and Agriculture: Statistical Pocketbook 2018**. Rome. 2018. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acesso em: 1 set. 2022.



GABARDO, G.; PRIA, M. D.; SILVA, H. L.; HARMS, M. G. Alternative products to control late season diseases in soybeans. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 2, p. 1-6, 2022

GALVÃO, R. F.; ECCO, M.; RIFFEL, R. C.; BARBOSA, A. P. Uso de diferentes adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-12, 2021.

GANDINI, E. M. M.; COSTA, E. S. P.; SANTOS, J. B.; SOARES, M. A.; BARROSO, G. M.; CORRÊA, J. M.; CARVALHO, A. G.; ZANUNCIO, J. C. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 268, n. 1, p. 122-152, 2020.

GANDOLFO, U. D. **Espectro de gotas e deriva na pulverização de diferentes formulações de herbicidas**. 2018. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

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

KARKANIS, A.C.; VELLIOS, E.; GRIGORIOU, F.; GKREMPIZIS, T.; GIANNOULI, P. Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: effects on grain yield and gluten content. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, Cluj-Napoca, v. 46, n. 2, p. 601-607, 2018.

LI, B. X.; LIU, Y.; ZHANG, P.; LI, X. X.; PANG, X. Y.; ZHAO, Y. H.; LI, H.; LIU, F.; LIN, J.; MU, W. Selection of organosilicone surfactants for tank-mixed pesticides considering the balance between synergistic effects on pests and environmental risks. **Chemosphere**, Amsterdã, v. 217, n. 1, p. 591-598., 2019.

LOPES, L. L. **Caracterização físico-química, espectro de gotas e deposição de calda de pulverização com uso de adjuvantes na cultura da soja**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio**. Brasília. DF: MAPA, 2021. Disponível em: [www.gov.br](http://www.gov.br). Acesso em: 1 set. 2022.

MINGUELA, V. J.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.

MORAES, H. M. F.; COSTA, J. O.; PEREIRA, G. A. M.; SOUZA, W. M.; SILVA A. A.; PAIXÃO, G. P. Physical compatibility and stability of pesticide mixtures at different spray volumes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2018.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MELO, E. P.; LEONEL, R. K. Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados à fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 40, p. 95-104, 2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **World population prospects 2019: highlights**. Nova Iorque. 2019. Disponível em: [www.un.org](http://www.un.org). Acesso em: 1 set. 2022.

OYAN, F. F. N. **Avaliação da absorção e translocação do  $^{14}\text{C}$ -carbendazim em morangueiro e feijoeiro**. 2019. 41 f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

SILVA, F. N. **Retenção foliar de mancozebe com adjuvantes e taxas de aplicação no controle da ferrugem da soja**. 2020. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

## **CAPÍTULO II**

### **PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE MISTURAS FUNGICIDAS E HERBICIDAS COM ADJUVANTES E FERTILIZANTES FOLIARES**

## PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE MISTURAS FUNGICIDAS E HERBICIDAS COM ADJUVANTES E FERTILIZANTES FOLIARES

### RESUMO

A prática de posicionar misturas de produtos nos tanques de pulverização para otimizar as aplicações fitossanitárias, na sojicultura brasileira, se mostra complexa e carente de estudos, a fim de evitar problemas de incompatibilidades físicas e químicas entre moléculas. Os estudos físico-químicos dessas caldas possibilitam posicionamentos mais seguros nas junções dos produtos durante as aplicações. O presente trabalho objetivou estudar misturas compostas por fungicidas, herbicidas, adjuvantes e fertilizantes foliares, através de testes de estabilidade física e análises de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica e tensão superficial. Executou-se cinco experimentos em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 3, totalizando 9 tratamentos, todos com 3 repetições. Todos os experimentos simularam caldas comuns de serem aplicadas na cultura da soja. Os três primeiros experimentos tiveram fungicidas como base da mistura, interagidos com outros produtos, sejam glifosato (Experimento 1), adjuvantes (Experimento 2) ou produtos de nutrição foliar (Experimento 3), no caso fontes do micronutriente manganês (Mn). Os outros dois últimos experimentos tiveram como primeiro fator base das misturas algumas fontes de glifosato, interagidas com adjuvantes (Experimento 4) ou produtos fontes de Mn (Experimento 5). Os fungicidas utilizados foram: azoxistrobina + ciproconazol, trifloxistrobina + protioconazol + bixafen e mancozebe. As fontes de glifosato foram o sal de potássio, o sal de amônio e o sal isopropilamina. Foi um óleo mineral, um ácido propiônico e um óleo de laranja como adjuvantes, além de um cloreto de Mn, um Mn quelatizado em EDTA e um Mn quelatizado em ácido cítrico. Todos os produtos fitossanitários seguiram as doses comerciais, recomendadas pelos fabricantes em bula, bem como os adjuvantes. As fontes de Mn foram recomendadas a fim de simular 350 g deste nutriente por hectare. Para todas as caldas preparadas, simulou-se a taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup>. Previamente aos experimentos, a água diluente e todos os produtos diluídos foram avaliados individualmente. Os testes de estabilidade de caldas se deram por análises visuais de incompatibilidades de mistura, baseados nas normas da ABNT (2014) NBR 13875, a fim de julgar as caldas como compatíveis, compatíveis sob agitação e incompatíveis. O pH e a condutividade elétrica das caldas fitossanitárias, foram medidos através de um peagâmetro e condutímetro portátil. Para medir a tensão superficial das misturas, utilizou-se um tensiômetro de bancada com anel de platina. Todas as misturas fungicidas necessitaram de agitação para serem compatíveis. Misturas entre o mancozebe e as fontes de glifosato, além do cloreto de Mn, foram incompatíveis. As fontes de glifosato não foram compatíveis com o cloreto de Mn. As caldas fungicidas tenderam a faixas de pH neutro e alcalino. O glifosato, o ácido propiônico e o Mn em ácido cítrico se mostraram agentes acidificantes. Caldas ácidas apresentaram maior condutividade elétrica, com exceção das misturas envolvendo cloreto de Mn. Todos os produtos reduziram as tensões superficiais, principalmente os adjuvantes. As formulações e composições dos produtos determinam as propriedades físico-químicas das caldas fitossanitárias, porém isso não explica isoladamente a compatibilidade das misturas estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** estabilidade de calda; potencial hidrogeniônico; condutividade elétrica; tensão superficial; mistura em tanque.

## PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FUNGICIDES AND HERBICIDES MIXTURES WITH ADJUVANTS AND FOLIAR NUTRIENTS

### ABSTRACT

The practice of positioning product mixtures in the spraying tanks to optimize phytosanitary applications, in Brazilian soybean cultivation, has shown to be complex and in need of studies, in order to avoid problems of physical and chemical incompatibilities between molecules. The physical-chemical studies of these grouts enable safer positioning in the product joints during applications. The present work aimed to study mixtures composed of fungicides, herbicides, adjuvants and foliar fertilizers, through physical stability tests and analysis of hydrogen potential (pH), electrical conductivity and surface tension. Five experiments were performed in an entirely randomized design, with a 3 x 3 factorial scheme, totaling 9 treatments, all with 3 repetitions. All experiments simulated grouts commonly applied to soybean crops. The first three experiments had fungicides as the basis of the mixture, interacted with other products, whether glyphosate (Experiment 1), adjuvants (Experiment 2) or foliar nutrition products (Experiment 3), in this case sources of manganese (Mn). The other two last experiments had as the first base factor of the mixtures some glyphosate sources, interacted with adjuvants (Experiment 4) or Mn source products (Experiment 5). The fungicides used were azoxystrobin + cyproconazole, trifloxystrobin + prothioconazole + bixafen and mancozeb. The glyphosate sources were potassium salt, ammonium salt and isopropylamine salt. It was a mineral oil, a propionic acid and an orange oil as adjuvants, in addition to a Mn chloride, a Mn chelated in EDTA and a Mn chelated in citric acid. All the phytosanitary products followed the commercial doses, recommended by the manufacturers in the package insert, as well as the adjuvants. The Mn sources were recommended in order to simulate 350 g of this nutrient per hectare. For all grouts prepared, an application rate of 160 L ha<sup>-1</sup> was simulated. Prior to the experiments, the diluent water and all diluted products were evaluated individually. The grout stability tests were performed by visual analysis of mixing incompatibilities, based on ABNT (2014) NBR 13875 standards, in order to judge the grouts as compatible, compatible under stirring, and incompatible. The pH and the electrical conductivity of the phytosanitary grouts, were measured using a peagometer and portable conductivimeter. To measure the surface tension of the mixtures, a benchtop tensiometer with a platinum ring was used. All fungicide mixtures required stirring to be compatible. Mixtures between mancozeb and glyphosate sources, in addition to Mn chloride, were incompatible. Glyphosate sources were not compatible with Mn chloride. The fungicide grouts tended toward neutral and alkaline pH ranges. Glyphosate, propionic acid, and Mn in citric acid proved to be acidifying agents. Acidic grouts showed higher electrical conductivity, with the exception of mixtures involving Mn chloride. All products reduced surface tension, especially the adjuvants. The formulations and compositions of the products determine the physical-chemical properties of the grouts, but this does not explain in isolation the compatibility of the mixtures studied.

**KEYWORDS:** mixture stability; hydrogen potential; electrical conductivity; surface tension; tank mixing.

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação, importante ferramenta para o manejo fitossanitário de pragas de maneira sustentável, especialmente na sojicultura brasileira, tem como prática constante nos preparos das caldas, a mistura de produtos, ingredientes ativos, adjuvantes e fertilizantes foliares no interior do tanque do pulverizador. Esta técnica é recorrente para otimizar as pulverizações, a fim de aumentar os rendimentos operacionais com economia de tempo e dinheiro, manejar diversos alvos simultaneamente, além de aumentar a eficácia de controle de pragas, doenças e plantas daninhas na cultura da soja. No entanto, estas misturas de produtos em tanque devem ser responsáveis e embasadas tecnicamente, para evitar os riscos de perdas de calda através das incompatibilidades físicas e químicas.

De acordo com Barroso et al. (2022), o uso de misturas de produtos fitossanitários em tanques está em expansão, no entanto ainda existem desafios quanto aos efeitos destas misturas sobre as compatibilidades físico-químicas das caldas, em diferentes condições de aplicação. Estes autores classificam os efeitos das misturas como aditivos, antagônicos ou sinérgicos, com o antagonismo entre as moléculas envolvidas como o principal risco das misturas em tanque. Para reduzir estes riscos, são necessários estudos e revisões de trabalhos a fim de identificar os efeitos de misturas de produtos fitossanitários.

As incompatibilidades entre produtos, bem como entre suas formulações, posicionados em misturas, podem ocorrer de forma química, com inativações invisíveis e degradações de moléculas, mas também podem ocorrer de maneira física, na qual ocorrem instabilidades visíveis, com separação de fases na mistura e sérios prejuízos a eficiência da tecnologia de aplicação (GANDINI et al., 2020; RAKES et al., 2017).

Entre as misturas mais recorrentes na agricultura brasileira, as junções de moléculas fungicidas com herbicidas, adjuvantes e fertilizantes foliares, são recorrentes aos agricultores, por exemplo, no manejo da cultura da soja. Especialmente em um cenário com forte pressão de patógenos e plantas daninhas, inclusive com resistências a determinados ingredientes ativos, além das necessidades por nutrição foliar para o bom desenvolvimento das culturas (ZANDONADI et al., 2017a).

O uso de adjuvantes em misturas em tanque com fungicidas e herbicidas é uma prática comum na tecnologia de aplicação, inclusive com recomendações dos fabricantes destes produtos fitossanitários. Estes aditivos, presentes até mesmo nas formulações dos ingredientes ativos, podem reduzir riscos de perdas de calda, além de favorecer a distribuição de gotas sobre os alvos e facilitar a absorção das moléculas pelos tecidos vegetais. Porém, podem

ocorrer efeitos antagônicos nestas misturas, como degradações de moléculas e instabilidades físicas.

De acordo com Zhao et al. (2022), o uso adequado de adjuvantes nas misturas de produtos em tanque pode melhorar a emulsão das caldas, favorecer a dispersão das gotas sobre os alvos e facilitar as eficácias de controle. Para Meng et al. (2022), apesar de muitos estudos comprovarem os efeitos sinérgicos das misturas de adjuvantes aos fitossanitários, sejam com herbicidas ou fungicidas (DARIO, 2022; GALVÃO et al., 2021; GRIESANG et al., 2017; MEHDIZADEH et al., 2020; PERES et al., 2020; SOBIECH et al., 2020), ainda há poucos trabalhos avaliando os efeitos antagônicos destas misturas.

A forte pressão de doenças no ciclo da cultura da soja estimula os produtores a anteciparem suas aplicações de fungicidas, com pulverizações já nos estádios vegetativos da cultura (KAJIHARA, 2019). Estes manejos coincidem com as aplicações de herbicidas em pós-emergência da cultura, para manejar plantas daninhas também nos estádios vegetativos, principalmente nas lavouras de sojas tolerantes ao herbicida glifosato (Soja RR). Apesar da otimização operacional da aplicação, essas misturas podem acarretar incompatibilidades físicas e químicas (ALMASRI et al., 2019; BELSKY; JOSHI, 2020).

Ainda em lavouras de sojas RR, outra mistura muito comum é a junção de fungicidas e/ou herbicidas a fertilizantes foliares em todos os estádios da cultura. O fornecimento de manganês, por exemplo, no estágio vegetativo, coincide com a aplicação de glifosato em pós-emergência da soja, e ainda com as aplicações iniciais de fungicidas. Estas misturas ainda são pouco estudadas, com efeitos físicos e químicos ainda desconhecidos, e podem prejudicar a eficácia dos fitossanitários (DI RAIMO et al., 2018; MACHADO et al., 2020; ZANDONADI et al., 2017a).

Para se entender melhor os efeitos das misturas de produtos no interior do tanque do pulverizador, é necessário primeiramente conhecer as características físico-químicas destes ingredientes e suas formulações, bem como das caldas resultantes, a fim de prever as junções mais adequadas e evitar as incompatibilidades. Dentre as características intrínsecas de cada produto, e das futuras misturas dos mesmos em uma calda fitossanitária, destacam-se a solubilidade e a estabilidade física, bem como o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica e a tensão superficial resultante (ANTUNIASSI et al., 2021; ASSUNÇÃO et al., 2019; CUNHA et al., 2017). De acordo com Ribeiro et al. (2021), as características mais sensíveis das caldas de pulverização, aos efeitos das misturas de produtos fitossanitários, são justamente o pH, a condutividade elétrica e a tensão superficial, devido especialmente a dosagem e a formulação dos componentes envolvidos.

Como característica físico-química fundamental para a estabilidade das caldas fitossanitárias, o potencial hidrogeniônico é conceituado como a concentração de íons de hidrogênio em uma solução, servindo para indicar a acidez desta mistura. Por estar relacionado à quantidade livre de  $H^+$  na solução, o pH é representado em uma escala variável entre 0 e 14, a qual determina se a calda tem caráter ácido, neutro ou alcalino/básico, pois quanto maior a concentração deste íon na mistura, maior será sua acidez. Essa escala foi proposta como logarítmica, ou seja, o pH é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio, na base 10. Assim, essa escala é dividida ao meio pelo pH 7, ao indicar uma solução neutra. Acima deste valor, indica-se alcalinidade na solução, com menor concentração de  $H^+$ , e por outro lado, abaixo de 7 indica-se caráter ácido à mistura, com maior concentração de  $H^+$ . (GAMA e AFONSO, 2007; NOGUEIRA-DE-ALMEIDA e FILHO, 2018).

Segundo Cunha et al. (2017), a constante de dissociação de muitas moléculas depende do pH, e alterações neste parâmetro podem interferir nos efeitos biológicos dos produtos fitossanitários, de modo que a redução desta característica reduz as possibilidades de hidrólises alcalinas de produtos caracterizados como ácidos, melhorando a eficiência da aplicação. Por outro lado, a acidificação das caldas também pode ser prejudicial a algumas moléculas, como confirmado por Sanches et al. (2018). Por isso, para Assunção et al. (2019), é necessário analisar a faixa de pH ideal para cada ingrediente de uma mistura, a fim de verificar a sua compatibilidade na calda.

Em relação à condutividade elétrica, entende-se esta como a capacidade da mistura em conduzir corrente elétrica, dependendo da composição da sua solução. Soluções com ausência de íons não conduzem eletricidade, e como a própria água pura possui íons, as caldas têm esta capacidade. Conforme adiciona-se íons às misturas, isto é, componentes eletrolíticos como alguns sais, por exemplo, a condutividade elétrica da calda naturalmente aumenta. No entanto, esta capacidade de carregar eletricamente a mistura não aumenta sempre na mesma proporção da concentração desta calda, pois existem interações entre os íons na solução, por isso necessita-se o seu monitoramento para evitar incompatibilidades de misturas. Inclusive, em algumas situações, caldas com alta condutividade elétrica podem prejudicar até mesmo a condutância estomáica e a fotossíntese (RIBEIRO et al., 2021; ZANDONADI et al., 2017b).

Já sobre a tensão superficial das caldas fitossanitárias, trata-se de uma força nas superfícies dos líquidos, variável a cada solução e dependente dos solutos. É uma propriedade importante para a retenção das caldas sobre as superfícies foliares, pois influencia diretamente o ângulo de contato das gotas de pulverização sobre os alvos. No caso da água pura, por



exemplo, a tensão tende a formar gotículas esféricas, com baixa superfície de contato. Com a adição de componentes à mistura capazes de reduzir esta tensão superficial, isto é, reduzir a força de ligação entre as moléculas da solução, aumenta-se o ângulo de contato, com maior espalhamento da calda e cobertura do alvo (CASTRO et al., 2018; CUNHA et al., 2017; DECARO, 2018; RAMOS et al., 2019; SANTOS et al., 2019).

Desse modo, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar diferentes misturas fitossanitárias, compostas por fungicidas, herbicidas, adjuvantes e fertilizantes foliares, por meio de testes de estabilidade física, análise de pH, condutividade elétrica e tensão superficial, a fim de avaliar compatibilidades de caldas e predizer eventuais problemas de incompatibilidades dessas misturas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho de caracterização de caldas fitossanitárias foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), durante os anos de 2021 e 2022, em Uberlândia – MG.

Executaram-se cinco experimentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial 3 x 3, totalizando 9 tratamentos por experimento, todos com 3 repetições, ou seja, 27 parcelas experimentais em cada estudo.

Destes cinco experimentos, os três primeiros tiveram fungicidas como base da mistura fitossanitária, isto é, 3 fungicidas diferentes interagidos com outros 3 produtos, sejam fontes de glifosato (Experimento 1), adjuvantes (Experimento 2) ou fertilizantes foliares (Experimento 3), no caso fontes do micronutriente manganês. A Tabela 1 detalha os três primeiros experimentos conduzidos, bem como os seus tratamentos e produtos utilizados.

**Tabela 1** - Misturas compostas por fungicidas com fontes de glifosato (Experimento 1), adjuvantes (Experimento 2) e produtos de nutrição foliar (Experimento 3)

Trat.	Fungicida	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
		Glifosato	Adjuvantes	Fontes de Manganês
T1	azoxistrobina + ciproconazol	sal de potássio	óleo mineral	cloreto de Mn
T2		sal de amônio	ácido propiônico	Mn em EDTA
T3		sal isopropilamina	óleo de laranja	Mn em ácido cítrico
T4	trifloxistrobina + protioconazol + bixafen	sal de potássio	óleo mineral	cloreto de Mn
T5		sal de amônio	ácido propiônico	Mn em EDTA
T6		sal isopropilamina	óleo de laranja	Mn em ácido cítrico
T7	mancozebe	sal de potássio	óleo mineral	cloreto de Mn
T8		sal de amônio	ácido propiônico	Mn em EDTA
T9		sal isopropilamina	óleo de laranja	Mn em ácido cítrico

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os outros dois últimos experimentos tiveram como primeiro fator base das misturas algumas fontes de glifosato, interagidas com adjuvantes (Experimento 4) ou produtos fontes de manganês (Experimento 5). A Tabela 2 detalha os dois últimos experimentos conduzidos, bem como os seus tratamentos e produtos utilizados.

Para as doses das fontes de glifosato, estabeleceu-se o padrão de aplicação de 1440 g de equivalente ácido de glifosato por hectare, de acordo com as recomendações dos fabricantes. Já para o manganês, para fixar as doses dos produtos, estabeleceu-se um fornecimento de 350 g de Mn por hectare, de acordo com a recomendação da EMBRAPA (2013) para a cultura da soja. Para os outros produtos, fungicidas e adjuvantes, as doses foram

seguidas de acordo com as bulas e recomendações comerciais. É necessário enfatizar também a não disponibilização detalhada das composições dos adjuvantes e fertilizantes foliares por seus fabricantes, como a concentração de emulsificantes e outros ingredientes de sua composição.

**Tabela 2** – Misturas compostas por fontes de glifosato com adjuvantes (experimento 4) e produtos de nutrição foliar (experimento 5)

Trat.	Glifosato	Experimento 4	Experimento 5
		Adjuvantes	Fonte de Mn
T1	sal de potássio	óleo mineral	cloreto de Mn
T2		ácido propiônico	Mn em EDTA
T3		óleo de laranja	Mn em ácido cítrico
T4	sal de amônio	óleo mineral	cloreto de Mn
T5		ácido propiônico	Mn em EDTA
T6		óleo de laranja	Mn em ácido cítrico
T7	sal isopropilamina	óleo mineral	cloreto de Mn
T8		ácido propiônico	Mn em EDTA
T9		óleo de laranja	Mn em ácido cítrico

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em todos os experimentos, foram realizadas análises visuais de incompatibilidades de mistura, através de teste de estabilidade física, além de análises físico-químicas através da medição do pH, da condutividade elétrica e da tensão superficial das caldas.

Para todas as misturas analisadas, utilizou-se a mesma fonte de captação de água, sendo esta previamente analisada. Após a caracterização da água como diluente das misturas, avaliaram-se também, quanto à estabilidade física e propriedades físico-químicas, todos os produtos que seriam utilizados na preparação das caldas fitossanitárias, de maneira prévia e individual aos experimentos, a fim de fundamentar as análises seguintes de misturas e servir como bases de comparação.

Em relação aos produtos utilizados nos cinco experimentos, a Tabela 3 detalha a composição e formulação destes, bem como a dose utilizada para compor as misturas. Para todas as caldas preparadas, simulou-se a taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3** – Ingredientes ativos e doses dos produtos comerciais utilizados nos 5 experimentos

	Ingrediente Ativo	Produto comercial	Formulação	Dose (L ou kg ha <sup>-1</sup> )
Fungicidas	azoxistrobina (200 g L <sup>-1</sup> ) + ciproconazol (80 g L <sup>-1</sup> )	Priori Xtra®	SC	0,30
	trifloxistrobina (730 g L <sup>-1</sup> ) + protioconazol (175 g L <sup>-1</sup> ) + bixafen (125 g L <sup>-1</sup> )	Fox Xpro®	SC	0,50
	mancozebe (750 g L <sup>-1</sup> )	Unizeb Gold®	WG	1,00
Glifosato	sal de potássio (588 g L <sup>-1</sup> ) + equivalente ácido de glifosato (480 g L <sup>-1</sup> )	Roundup Transorb®	SL	3,00
	sal de amônio (792,5 g L <sup>-1</sup> ) + equivalente ácido de glifosato (720 g L <sup>-1</sup> )	Roundup WG®	WG	2,00
	sal isopropilamina (480 g L <sup>-1</sup> ) + equivalente ácido de glifosato (356 g L <sup>-1</sup> )	Pocco®	SL	4,00
Adjuvantes	óleo mineral (756,8 g L <sup>-1</sup> )	Iharol Gold®	EC	0,25
	fosfatidilcolina + ácido propiônico (712,88 g L <sup>-1</sup> )	Li700®	-	0,10
	N (10,23 g L <sup>-1</sup> ) + B (2,05 g L <sup>-1</sup> ) – óleo essencial da casca de laranja	Orobor®	-	0,15
Fontes de Mn	Mn (190 g L <sup>-1</sup> )	NutriOxi Mn14®	-	1,84
	Mn (100 g L <sup>-1</sup> )	Glimo®	-	3,50
	Mn (67 g L <sup>-1</sup> )	Mix®	-	5,22

Fonte: Elaborada pelo autor. SC: suspensão concentrada; WG: grânulos dispersíveis em água; SL: concentrado solúvel; EC: concentrado emulsionável.

### 2.1. Testes de estabilidade física

Os testes de estabilidade física de caldas, realizados sobre os tratamentos avaliados nos experimentos 1 ao 5, basearam-se nas normas da ABNT (2014) NBR 13875. Essa norma especifica a metodologia avaliativa da compatibilidade físico-química de produtos fitossanitários em caldas de pulverização.

Inicialmente as misturas foram preparadas em béqueres graduados de vidro de 1 L, nos quais preencheram-se primeiro 50% da sua capacidade volumétrica com água para a então dosagem dos produtos. Os produtos foram dosados com pipetas graduadas ou, quando necessário, pesados em balança analítica. Após a dosagem dos produtos, acrescentou-se o restante de água suficiente para 1 L de cada uma das misturas. Dividiu-se esta calda preparada

em duas amostras de 0,25 L, ambas depositadas em duas provetas graduadas de vidro de 0,5 L, tampadas com papel filme. Reservou-se o restante da mistura nos béqueres para as posteriores análises físico-químicas.

Cada uma das provetas foi direcionada para uma avaliação de estabilidade física: uma para avaliar a calda fitossanitária estabelecida sem agitação; a outra para avaliação da calda fitossanitária estabelecida com agitação. Esta agitação ocorreu previamente a cada avaliação da mistura, sendo a proveta invertida com as mãos por dez vezes em movimento giratório de 180°, uma vez a cada 2 segundos, para obter boa homogeneização. Feita esta agitação, retornou-se a proveta a sua posição inicial para a avaliação visual da estabilidade física da mistura.

Para o acréscimo dos produtos ao diluente, respeitou-se a ordem de mistura recomendada pela ABNT (2014), na qual as formulações sólidas foram acrescentadas em primeiro lugar, seguidas pelas formulações líquidas, na sequência: pós molháveis (WP), granulados dispersíveis (WG), suspensão concentrada (SC), concentrado solúvel (SL) e concentrado emulsionável (EC).

Avaliaram-se as caldas nos seguintes prazos: 0 h – imediatamente após o preparo das misturas; 2 h – após duas horas decorridas do preparo; 6 h – após seis horas decorridas do preparo; 24 h – após 24 horas decorridas do preparo. Em cada um destes períodos, avaliaram-se visualmente cada uma das caldas, com e sem agitação, segundo a presença ou ausência de espuma, floculação, sedimentação, separação de fases, formação de grumos, separação de óleo, formação de cristais e formação de creme.

Ao final das avaliações, julgaram-se as caldas como: compatíveis, nas quais as misturas se mostraram homogêneas em todos os prazos de avaliação; compatíveis sob agitação, nas quais ocorreu heterogeneidade da mistura sem agitação; e incompatíveis, nas quais ocorreu heterogeneidade em qualquer avaliação, mesmo com agitação.

## **2.2 Análises físico-químicas**

Para esta etapa, os 0,5 L de calda restantes nos béqueres de vidro graduados, previamente preparados durante a etapa anterior, foram divididos primeiramente em três balões volumétricos de 0,1 L cada um, representando as 3 repetições de cada tratamento. Armazenaram-se os excedentes dessas amostras como reservas, caso fossem necessárias.

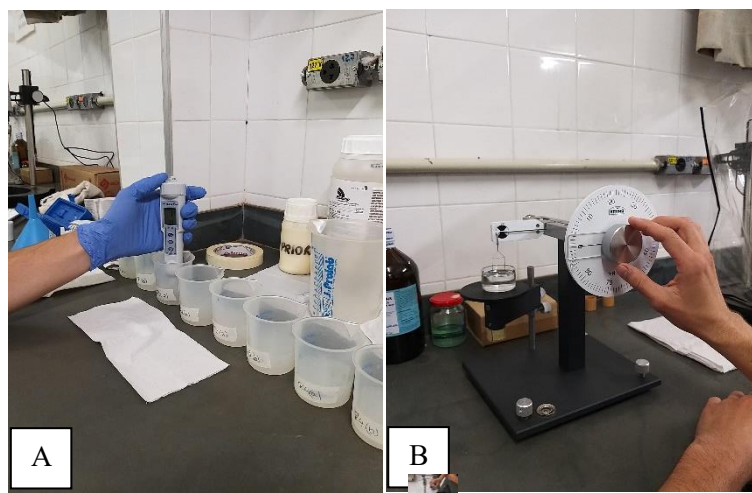
Em seguida, transferiram-se as amostras para béqueres de 0,1 L, nos quais mediu-se o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) das caldas fitossanitárias,

através de um peagômetro e condutivímetro portátil, marca Akso® e modelo AK59. O equipamento foi previamente calibrado por meio de soluções-padrão.

Para se determinar a tensão superficial das misturas ( $\text{mN m}^{-1}$ ), utilizou-se um tensiômetro de bancada com anel de platina, marca Kruss® e modelo K6, após calibração com água destilada, conforme metodologia Du Nouy (DOPIERALA; PROCHASKA, 2008). Esta avaliação mede a tensão sofrida pelo anel na extremidade de uma haste flexível, sobre a superfície da amostra, tencionando-o até sofrer repulsão.

A Figura 1 detalha, em sequência, as etapas das análises físico-químicas.

**Figura 1** – Detalhes das análises físico-químicas. A) Medição de pH e condutividade elétrica das caldas com peagômetro e condutivímetro portátil. B) Medição da tensão superficial em tensiômetro de bancada.



Fonte: Imagens do próprio autor.

### 2.3. Análises estatísticas

Todos os dados obtidos foram primeiramente submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de Kolmogorov-Smirnov, e de homogeneidade das variâncias de Levene, ambos a 0,01 de significância. Nos casos em que as pressuposições não foram atendidas, os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  e submetidos à nova análise. Somente quando a transformação corrigiu uma das pressuposições, sem prejudicar as demais, utilizaram-se os dados transformados para a análise de variância. Do contrário, utilizaram-se os dados originais (SOKAL; ROHLF, 1995; STEEL; TORRIE, 1980).

Em todos os experimentos, após a análise das pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância. Quando pertinente, os tratamentos foram comparados entre

si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Somente para a análise prévia e comparativa dos produtos individuais e da água utilizada como diluente das misturas, utilizou-se o teste de Scott-Knott a 0,01 de significância, a fim de estabelecer faixas de semelhança entre estes nas variáveis avaliadas.

Para todos os testes estatísticos, utilizou-se o software R v3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), sendo primeiramente apresentados os valores de F calculados para as análises de variância e para os testes de pressuposições. Somente nos casos de significância atendida para pelo menos um dos fatores ou para a interação entre ambos, apresentaram-se também os testes de médias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização individual dos produtos objetos destes estudos, quanto à estabilidade física em soluções aquosas e quanto aos parâmetros físico-químicos estão nos apêndices A e B, respectivamente. Além disso, no Apêndice C, estão ilustradas as imagens das incompatibilidades físicas verificadas nas misturas.

#### 3.1. Estabilidade física de calda

A partir dos experimentos executados, é possível notar estabilidade física das misturas envolvendo os fungicidas sistêmicos, azoxistrobina + ciproconazol e trifloxistrobina + protioconazol + bixafen, tanto com o glifosato (Experimento 1) quanto com os adjuvantes (Experimento 2), pelo menos até as 2 horas após os preparos de caldas (Tabela 4). A exceção se deu no Experimento 3, nas misturas envolvendo os fungicidas e as fontes de manganês, na qual ocorreram instabilidades físicas em todos os tratamentos, com separação de fases e sedimentação, após as 2 horas de preparo das caldas.

Com o decorrer de 6 horas após os preparos, todos os tratamentos, independente do experimento, sofreram instabilidades. Apesar destas instabilidades, nas misturas envolvendo os fungicidas sistêmicos, as observações voltaram a estabilidade após a agitação das caldas. Apesar disso, observou-se também a presença de espuma nas misturas envolvendo as fontes de glifosato, a qual ocorreu mediante as agitações das caldas (Tabela 4).

Um ponto a se destacar são as incompatibilidades verificadas em todos os tratamentos envolvendo o fungicida mancozebe, independente da mistura, seja com glifosato (Experimento 1), adjuvantes (Experimento 2) e manganês (Experimento 3). No caso do Experimento 2, estas misturas com os adjuvantes retornaram à compatibilidade física após a agitação das caldas, assim como ocorreu no Experimento 3 com as formulações de Mn quelatizados (Tabela 4).



**Tabela 4** – Estabilidade física de misturas contendo fungicidas, fontes de glifosato, adjuvantes e fontes de Mn, em diferentes tempos de observação

Experimento 1: Fungicidas X Glifosato						
Produtos		Tempo (horas)				Compatibilidade
Fungicidas	Fontes de Glifosato <sup>1</sup>	0	2	6	24	
Azoxis. + Cipro.	Sal de Potássio	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Sal de Amônio	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Sal Isopropilamina	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
Triflox. + Prot. + Bixafen	Sal de Potássio	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Sal de Amônio	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Sal Isopropilamina	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
Mancozebe	Sal de Potássio	+	+	+	+	Incompatível
	Sal de Amônio	+	+	+	+	Incompatível
	Sal Isopropilamina	+	+	+	+	Incompatível
Experimento 2: Fungicidas X Adjuvantes						
Fungicidas	Adjuvantes	0	2	6	24	Compatibilidade
Azoxis. + Cipro.	Óleo mineral	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Ácido Propiônico	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
Triflox. + Prot. + Bixafen	Óleo mineral	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Ácido Propiônico	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
Mancozebe	Óleo mineral	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Ácido Propiônico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
Experimento 3: Fungicidas X Fontes de Mn						
Fungicidas	Fontes de Manganês	0	2	6	24	Compatibilidade
Azoxis. + Cipro.	Cloreto de Mn	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em EDTA	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em Ácido Cítrico	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
Triflox. + Prot. + Bixafen	Cloreto de Mn	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em EDTA	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em Ácido Cítrico	-	+	+	+	Compatível, sob agitação
Mancozebe	Cloreto de Mn	+	+	+	+	Incompatível
	Mn em EDTA	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em Ácido Cítrico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação

Fonte: Elaborada pelo autor. (-)Estabilidade física da calda; (+)Instabilidade física da calda. <sup>1</sup>Em agitação, todas as caldas apresentaram espuma.

Por isso, enquanto as misturas envolvendo os fungicidas sistêmicos foram consideradas compatíveis, mesmo com eventuais necessidades de agitação, as misturas envolvendo mancozebe foram julgadas como incompatíveis com os herbicidas e com a fonte

de cloreto de Mn. De maneira semelhante, Souza (2019) ao avaliar misturas fungicidas com adjuvantes, em diferentes concentrações, por meio de análises físico-químicas e estabilidade física de calda em laboratório, notou diversas instabilidades em caldas envolvendo o fungicida mancozebe, com formações de sobrenadantes e precipitados, mesmo com a prática de agitação. Por outro lado, esse autor também observou melhor estabilidade envolvendo um fungicida a base de estrobilurina, neste caso a trifloxistrobina, compatível fisicamente, ainda mais com agitações das caldas.

Uma questão importante acerca destes resultados é a formulação do produto comercial, a fim de estabilizar os ingredientes ativos e seus inertes. Os fungicidas sistêmicos formulados em suspensão concentrada (SC), apesar de terem apresentado casos de sedimentações, ocorreram reversões destes quadros mediante agitações das misturas. Já o mancozebe, por sua vez, formulado em granulado dispersível (WG), mesmo com agitação em algumas situações, sofreu sedimentações sem reversões. Sobre isto, Souza (2019) classifica a formulação WG como moderna, porém adverte sobre impactos adversos nas qualidades de misturas, principalmente em doses elevadas de mancozebe. Para esse autor, misturas envolvendo esta formulação necessitam de agitação constante.

Em relação às caldas envolvendo as fontes de glifosato, em misturas com adjuvantes (Experimento 4) e com manganês (Experimento 5), foi possível notar novamente a presença de espuma, independente da fonte de glifosato, devido à agitação das misturas (Tabela 5). Além disso, notou-se necessidades de agitações nas caldas envolvendo as fontes de glifosato em misturas com alguns adjuvantes, e casos de incompatibilidades envolvendo a fonte de cloreto de Mn.

Em relação ao Experimento 4, nas misturas das fontes de glifosato com os adjuvantes, não ocorreram sérias incompatibilidades em todos os tempos de avaliações, apesar das formações de cristais, revertidas por agitações, nas misturas dos três sais de glifosato com o ácido propiônico, resultando neste experimento em todas as misturas compatíveis (Tabela 5).

**Tabela 5** – Estabilidade física das misturas de fontes de glifosato com adjuvantes e fontes de Mn, em diferentes tempos de observação

Experimento 4: Glifosato X Adjuvantes						
Produtos		Tempo (horas)				Compatibilidade
Glifosato <sup>1</sup>	Adjuvantes	0	2	6	24	
Sal de potássio	Óleo Mineral	-	-	-	-	Compatível
	Ácido propiônico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	-	-	-	-	Compatível
Sal de amônio	Óleo Mineral	-	-	-	-	Compatível
	Ácido propiônico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	-	-	-	-	Compatível
Sal Isopropilamina	Óleo Mineral	-	-	-	-	Compatível
	Ácido propiônico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Óleo de laranja	-	-	-	-	Compatível

Experimento 5: Glifosato X Fontes de Mn						
Glifosato <sup>1</sup>	Fontes de Manganês	0	2	6	24	Compatibilidade
Sal de potássio	Cloreto de Mn	+	+	+	+	Incompatível
	Mn em EDTA	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
	Mn em Ácido Cítrico	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
Sal de amônio	Cloreto de Mn	+	+	+	+	Incompatível
	Mn em EDTA	-	-	-	-	Compatível
	Mn em Ácido Cítrico	-	-	-	-	Compatível
Sal Isopropilamina	Cloreto de Mn	+	+	+	+	Incompatível
	Mn em EDTA	-	-	-	-	Compatível
	Mn em Ácido Cítrico	-	-	-	-	Compatível

Fonte: Elaborada pelo autor. (-) Estabilidade física da calda; (+) Instabilidade física da calda. <sup>1</sup>em agitação, todas as caldas apresentaram espuma.

Cavalieri et al. (2022) ao avaliarem a influência das formulações de glifosato (SL e WG) e adjuvantes (éster metílico de óleo de soja, óleo mineral, alquil ester etoxilado e polioxietilenoalquilfenoléter) sobre o ângulo de contato das gotas de pulverização em superfícies, a absorção das caldas, o metabolismo das plantas e o controle do capim-amargoso, levantaram a hipótese de a eficácia dos herbicidas depender da interação entre as formulações e os adjuvantes envolvidos. Apesar de algumas diferenças notadas por esses autores entre as misturas quanto à interação com os alvos, a molhabilidade e a interação com a superfície cuticular, não verificaram diferenças de eficácia de controle entre as misturas ao final da pesquisa, com desempenho satisfatório de todos os tratamentos, indicando similaridade no comportamento das caldas e possível compatibilidade em ambas, assim como no presente trabalho.

No Experimento 5, glifosato em misturas com fontes de manganês, foram constatadas incompatibilidades do sal de potássio com todas as fontes de manganês, porém com as fontes

EDTA e ácido cítrico estas instabilidades foram revertidas com agitação das misturas (Tabela 5). Além disso, de maneira semelhante ao Experimento 3 (Tabela 4), nos quais o cloreto de Mn evidenciou incompatibilidades físicas, estas também ocorreram neste experimento, independente da agitação da calda. Diante disso, as misturas das fontes de glifosato com o cloreto de Mn foram incompatíveis, enquanto as demais misturas entre estes herbicidas e as fontes de manganês foram compatíveis.

Machado et al. (2020), ao estudarem interações físico-químicas entre fontes de manganês com o herbicida glifosato em sal isopropilamina, constataram casos de incompatibilidades de misturas em tanque envolvendo estes componentes. Para esses autores, apesar dessas caldas serem alternativas práticas para otimizar operacionalmente as pulverizações, problemas como perdas de eficácia do herbicida, precipitação dos ingredientes ativos e resíduos aderidos aos componentes do sistema de pulverização, são recorrentes. Estas incompatibilidades são mais sérias quando utilizadas as fontes de Mn, como o cloreto de Mn, sem agentes quelantes, os quais possibilitam maior estabilidade de caldas. Para Machado et al. (2020), a fonte de Mn quelatizado em EDTA proporcionou maior estabilidade de calda dentre as estudadas, de maneira semelhante a este trabalho.

Apesar das frequentes aplicações de glifosato em misturas com manganês, especialmente em lavouras de soja transgênicas, a utilização de formulações de Mn com agentes quelantes, como o EDTA e o ácido cítrico, é importante para evitar incompatibilidades de mistura. Em situações nas quais o produtor optar por fontes não quelatizadas, como o cloreto de Mn, as incompatibilidades poderão ocorrer. Esta instabilidade física se dá devido a complexação do íon  $Mn^{2+}$ , em mistura com o glifosato.

Como confirmação destes resultados, Bernards et al. (2005), ao estudar interações de  $Mn^{2+}$  e glifosato, a fim de verificar o efeito de Mn na absorção e translocação do herbicida em folhas da planta daninha *Abutilon theophrasti*, constataram incompatibilidades em misturas de Mn, aplicado como fertilizante foliar em misturas com glifosato. Para estes autores, o  $Mn^{2+}$  tem o potencial de antagonizar a eficácia deste herbicida e reduzir o controle de plantas daninhas, pois pode formar sais insolúveis e de difícil absorção pelas plantas, reduzindo a eficácia do glifosato (CHAHAL et al., 2012; MACHADO et al., 2020; OLIVEIRA JR. et al., 2021). Para estes autores, fontes de manganês quelatizadas, como o EDTA, melhoram a estabilidade das misturas com glifosato sem afetar a eficácia de controle, a absorção e a translocação do herbicida. Outra constatação nestes estudos é quanto ao pH das misturas, os quais quanto mais elevados, maiores as chances de incompatibilidades com as fontes de Mn, bem como a redução da eficácia, absorção e translocação.

Para se manter a estabilidade das misturas nos experimentos executados, uma prática importante foi a agitação das caldas, apesar das presenças de espuma, especialmente quando compostas pelas fontes de glifosato. Sobre este aspecto, ao avaliarem as propriedades físico-químicas, tensão superficial, ângulo de contato e espectro de gotas de misturas envolvendo os herbicidas glifosato e atrazina, contendo diferentes doses e formulações dos produtos, Costa et al. (2020) concluíram como fundamental a agitação constante das caldas, antes e durante as pulverizações, a fim de evitar problemas de incompatibilidades. Para estes autores, a sedimentação de partículas em líquidos em repouso é natural, no entanto, é importante a redispersão destas partículas quando ocorrer a agitação contínua da calda no tanque do pulverizador. Por isso, as caldas com necessidade de agitações para se manterem estáveis no presente trabalho foram consideradas como compatíveis.

Já em relação à presença de espuma em misturas fitossanitárias, Souza (2019) julga esta incompatibilidade como consequência de reduções da tensão superficial da água que, juntamente com a agitação da calda, introduz o ar na calda por emulsão, formando bolhas de ar. Se esta ocorrência for exagerada, pode inviabilizar a aplicação, com necessidade de se acrescentar algum adjuvante redutor de espuma, ou alterar a composição e ordem da mistura.

## **3.2. Análises físico-químicas**

### **3.2.1. Potencial hidrogeniônico**

Os resultados dos experimentos 1 ao 5, envolvendo os fungicidas (Experimentos 1 ao 3) e as fontes de glifosato (Experimentos 4 e 5) em relação ao potencial hidrogeniônico (pH) das misturas, estão apresentados na Tabela 6.

Nota-se a influência de todos os fatores sobre esta variável, inclusive com interação entre os produtos envolvidos em todos os experimentos executados, mostrando a complexidade em se determinar o potencial hidrogeniônico em misturas envolvendo vários produtos, com faixas diferentes de pH.

**Tabela 6** – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas do potencial hidrogeniônico

Misturas de Fungicidas (Experimentos 1, 2 e 3)			
	Exp. 1: Fung. x Glif.	Exp. 2: Fung. x Adj.	Exp. 3: Fung. x Mn
F <sub>fung</sub>	5,39*	47,58*	162,80*
F <sub>Fator2</sub>	373,56*	2287,58*	3581,3*
F <sub>Fung x Fator2</sub>	4,64*	14,92*	82,00*
K-S	0,28	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>
F <sub>Levene</sub>	6,92	<b>3,18</b>	<b>3,65</b>
Misturas de Glifosato (Experimentos 4 e 5)			
	Exp. 4: Glif. x Adj.	Exp. 5: Glif. x Mn	
F <sub>Glif</sub>	666,27*	275,20*	
F <sub>Fator2</sub>	0,82	10103,20*	
F <sub>Glif x Fator2</sub>	3,55*	13,90*	
K-S	0,35	0,28	
F <sub>Levene</sub>	13,45	10,00	

Fonte: Elaborada pelo autor. F<sub>Fung</sub>; F<sub>Glif</sub>; F<sub>Fator2</sub>; F<sub>Fung x Fator2</sub>; F<sub>Glif x Fator2</sub>: Valor de F calculado para fungicidas, para glifosato, para os fatores 2 respectivos de cada experimento (glifosato, adjuvantes e Mn), e para as interações fungicidas x Fator 2 e glifosato x Fator 2, respectivamente. W; F<sub>Levene</sub>: estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, respectivamente. \*significativo a 0,01. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01.

Observou-se menores valores de pH quando as caldas são compostas pelo glifosato a base de sal de amônio, de 3,60 a 3,90. Além disso, percebe-se também uma tendência de maiores valores envolvendo o fungicida mancozebe, de 3,90 a 7,90 (Tabela 7).

Ao se comparar a Tabela 7 com o Apêndice B, nota-se uma tendência de redução de valores de pH nos casos dos fungicidas, quando estes foram misturas com as fontes de glifosato, com o ácido propiônico e com o Mn em ácido cítrico. Tanto os fungicidas sistêmicos quanto o fungicida protetor (mancozebe), caracterizados como produtos de pH neutro ou alcalino, quando em misturas com estes produtos ácidos, tiveram seus pHs de misturas reduzidos tendendo para a acidificação.

**Tabela 7** – Potencial hidrogeniônico (pH) de caldas compostas por misturas de fungicidas com glifosato, adjuvantes e fontes de Mn

Experimento 1 (Fungicidas x Glifosato)			
Fungicidas	Glifosato		
	Sal de potássio	Sal de amônio	Sal isopropilamina
Azox. + Cipro.	4,60 Aa	3,70 Bb	4,60 Aa
Triflox. + Prot. + Bixafen	4,60 Aa	3,60 Bb	4,70 Aa
Mancozebe	4,70 Aa	3,90 Ba	4,60 Aa
C.V. (%)	1,89		
Experimento 2 (Fungicidas x Adjuvantes)			
Fungicidas	Adjuvantes		
	Óleo mineral	Ác. Propiônico	Óleo de laranja
Azox. + Cipro.	7,60 Ab	4,00 Bb	7,50 Aa
Triflox. + Prot. + Bixafen	7,20 Ac	4,00 Bb	7,30 Aa
Mancozebe	7,90 Aa	4,80 Ca	7,40 Ba
C.V. (%)	1,80		
Experimento 3 (Fungicidas x Mn)			
Fungicidas	Manganês		
	Cloreto de Mn	EDTA	Ác. Cítrico
Azox. + Cipro.	7,00 Aa	6,23 Ba	2,93 Cb
Triflox. + Prot. + Bixafen	5,40 Ba	6,03 Ab	2,73 Cc
Mancozebe	7,10 Aa	6,00 Bb	3,30 Ca
C.V. (%)	1,85		

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Apesar de Souza (2019) ter verificado pH mais elevado nas misturas com mancozebe, em comparação com a trifloxistrobina, assim como constatado no presente trabalho, este autor ao verificar reduções de pH em misturas envolvendo estrobilurinas, não observou o mesmo com caldas a base de mancozebe, contrariando os resultados aqui encontrados (Tabela 7). Para este autor, a presença do fungicida mancozebe tende a elevar o pH da calda, pois este produto apresenta efeito tampão, mantendo a calda em pH próximo ao inicial mesmo após a adição de outros componentes.

Sobre variações de pHs em misturas fitossanitárias, Spadoni (2019), ao avaliar propriedades físico-químicas de calda inseticida (tiametoxam + lambda-cialotrina) e identificar primórdios de perda da estabilidade de misturas com fungicidas (fluxaproxade + piraclostrobina e clorotalonil) e adjuvantes (ácido propiônico e óleo mineral), relaciona eventuais incompatibilidades detectadas nestas misturas à variações de pH, isto é, faixas inadequadas para determinados produtos podem ocasionar instabilidades físico-químicas à calda.

Estas alterações no potencial hidrogeniônico não significam necessariamente reduções nas eficácias de controle do ingrediente ativo ou estão relacionadas a instabilidades físicas. Apesar disso, as incompatibilidades entre o mancozebe e as fontes de glifosato descritas na Tabela 4, podem estar relacionadas com os pHs reduzidos das misturas descritas na Tabela 7, afinal existem faixas ideais e tolerâncias de pH para diferentes grupos químicos ou substâncias fitossanitárias (CUNHA et al., 2017; SOUZA, 2019).

É nítido o poder de acidificação da calda por parte do adjuvante ácido propiônico, em comparação aos óleos analisados, com redução expressiva dos valores nas faixas de pH das misturas fungicidas, especialmente ao se tratar dos fungicidas sistêmicos. Quanto a isso, novamente as caldas a base de mancozebe apresentaram maiores valores de pH, porém ao se compararem os resultados do Experimento 2, quanto a estabilidade física (Tabela 4) e ao potencial hidrogeniônico (Tabela 7), não é possível relacionar as reduções de pHs com eventuais instabilidades de misturas, pois a mistura de mancozebe com o ácido propiônico foi considerada compatível, apesar das necessidades de agitações.

Assunção et al. (2019), ao avaliarem as características físicas e químicas de misturas do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, do glifosato em sal de amônio e do inseticida fenprotrina, em combinação com os adjuvantes a base de óleo mineral, de um surfactante siliconado e de ácido propiônico, verificaram capacidades dos adjuvantes alterarem as características das misturas, como o ácido propiônico agindo como acidificante de calda assim como no presente trabalho. Mesmo assim, para estes autores, as compatibilidades das caldas também são dependentes dos produtos fitossanitários envolvidos, dificultando, portanto, as recomendações técnicas. Landim (2018) e Spadoni (2019) são outros exemplos de trabalhos acerca de misturas fungicidas, tanto estrobilurinas com triazóis quanto mancozebe, em junção com adjuvantes neutros, como os óleos, e acidificantes, como o ácido propiônico, os quais não constataram incompatibilidades físicas nestas caldas.

Já no Experimento 3, nota-se comportamentos diferentes de acordo com a fonte de manganês interagida com o fungicida, observando-se caldas ácidas ao se tratar do manganês formulado em ácido cítrico, especialmente em mistura com os fungicidas sistêmicos. As outras fontes de manganês tenderam a compor caldas com faixas de pH neutro ou levemente ácidas (Tabela 7). Apesar das alterações nas faixas de pH dessas misturas, a única calda considerada incompatível, envolveu o mancozebe com o cloreto de Mn (Tabela 4), apesar destes dois serem caracterizados como produtos de caráter neutro/alcalino (Apêndice B).

Em paralelo a estes resultados, Di Raimo et al. (2018), ao estudarem efeitos da aplicação de fosfito de manganês misturado ao fungicida picoxistrobina + ciproconazol em



plantas de soja, não constataram problemas de incompatibilidades nestas misturas, sem influências negativas às características agrônômicas da cultura avaliada. Para estes autores, o fornecimento de Mn otimizado em mistura com as aplicações de fungicidas em soja é uma boa alternativa para redução de custos operacionais de aplicação, bem como suplementação nutricional para as plantas.

Abaixo são expostos os valores de pH das misturas resultantes da interação entre as fontes de glifosato e os diferentes adjuvantes (Experimento 4) e as diferentes fontes de manganês (Experimento 5), ocorrendo alterações dependentes da mistura entre os fatores (Tabela 8). Por se tratar de glifosato, todos os pHs encontrados foram caracterizados como ácidos, com os menores valores apresentados nas caldas com o adjuvante ácido propiônico (pH de 3,57) e o manganês em ácido cítrico (pH de 3,27), ambos também agentes acidificantes de caldas.

**Tabela 8** – Potencial hidrogeniônico (pH) de caldas compostas por misturas de glifosato com adjuvantes ou fontes de Mn

Experimentos 4 (Glifosato x Adjuvantes)			
Glifosato	Adjuvantes		
	Óleo mineral	Ác. Propiônico	Óleo de laranja
Sal de potássio	4,60 Aa	4,53 Ab	4,60 Aa
Sal de amônio	3,70 Ab	3,57 Bc	3,70 Ab
Sal isopropilamina	4,60 Aa	4,70 Aa	4,60 Aa
C.V. (%)	1,49		
Experimento 5 (Glifosato x Mn)			
Glifosato	Fontes de Mn		
	Cloreto de Mn	EDTA	Ác. cítrico
Sal de potássio	3,73 Ba	5,87 Aa	3,63 Ca
Sal de amônio	3,20 Bb	5,60 Ab	3,27 Bb
Sal isopropilamina	3,70 Ba	5,80 Aa	3,60 Ca
C.V. (%)	0,90		

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Se por um lado, o ácido propiônico se caracterizou como o adjuvante mais ácido, os óleos, por outro lado, se caracterizaram com pHs menos ácidos (Apêndice B), no entanto, não foram responsáveis por elevar as faixas de pHs de suas misturas, deixando estes tenderem para as faixas ácidas das fontes de glifosato. Deste modo, o glifosato com tendência de valores mais ácidos é o sal de amônio, como já visto anteriormente.

Ao avaliarem reduções de pH em caldas com diferentes sais de glifosato, tanto o sal de potássio quanto o de amônio e o isopropilamínico, e eficácia de controle de *Bidens pilosa* em aplicações destes herbicidas, Menechini et al. (2020) constataram, em comparação com pH da

água, reduções deste parâmetro com todas as fontes do glifosato. De maneira semelhante ao presente trabalho, o sal de amônio proporcionou maiores reduções do pH da calda, independente do adjuvante. Inclusive, para estes autores, melhores desempenhos dos sais de glifosato se dão devido as reduções de pH, isto é, no caso do glifosato, pHs ácidos relacionam-se com melhores desempenhos das moléculas deste herbicida, devido a melhores absorções pelas plantas daninhas e a maior vida útil do ingrediente ativo.

Apesar das reduções de pHs nas misturas entre glifosato e adjuvantes e das faixas neutras dos óleos, estas caldas não resultaram em incompatibilidades (Tabela 5). A respeito das misturas de adjuvantes com glifosato, Neto (2021), ao estudar pontas de pulverização com indução de ar em aplicações de misturas herbicidas envolvendo auxínicos, fontes de glifosato e adjuvantes, em diferentes pressões de trabalho, classificou os adjuvantes como agentes de melhoria no desempenho de herbicidas pós-emergentes, como o glifosato, pois podem melhorar a absorção no tecido vegetal, bem como evitar perdas por escorrimento, fotodegradação e evaporação, favorecendo o aumento do desempenho fitossanitário. Estas reduções de perdas, segundo este autor, se dão devido às alterações físico-químicas proporcionadas pelo adjuvante à mistura, ao agirem como compatibilizadores, tamponantes, redutores de espuma e de deriva.

A respeito das influências de adjuvantes à base de óleo em aplicações de herbicidas, Palma-Bautista et al. (2020) ao estudarem a retenção, absorção e translocação de glifosato com e sem adjuvante, para manejo de *Lolium rigidum* e *Conyza campestris* em ambientes de estufa e laboratório, constataram aumentos de absorção do herbicida, bem como da sua translocação no interior das plantas, quando utilizados adjuvantes oleosos. Para estes autores, esta classe de adjuvantes aumenta o espalhamento da calda sobre o alvo, independente do pH da mistura.

Já em relação ao Experimento 5, apesar de suas faixas ácidas de pH, independente da fonte, o glifosato em misturas com o Mn em EDTA apresentaram valores mais altos em comparação com o cloreto e o ácido cítrico. Além disso, novamente o ácido cítrico se demonstrou um agente acidificante, com menores valores de pH em comparação às outras fontes de Mn. Apesar da alta no pH da mistura, a calda do glifosato com o Mn em EDTA não resultou em incompatibilidades físicas, bem como a manutenção da faixa de pH ácido com o cloreto de Mn não resultou em estabilidade da mistura. Nestes casos, o pH não influenciou na estabilidade física da mistura.

Apesar desses resultados aqui constatados, Costa et al. (2020) definem o potencial hidrogeniônico como um parâmetro indicativo de incompatibilidades entre produtos, pois

verificaram misturas herbicidas em faixas de pH próximos da neutralidade com maiores tendências de incompatibilidades, em comparação a misturas com pH mais baixo. Semelhantemente, Petter et al. (2013), ao avaliarem interações físicas entre misturas simuladas em tanque de pulverização, compostas por seis inseticidas (methomil, clorpirifós, teflubenzuron, triflumuron, cipermetrina e tiametoxam + lambda-cialotrina) com seis fungicidas (piraclostrobina + epoxiconazole, trifloxistrobina + tebuconazole, carbendazin, flutriafol, azoxystrobina + ciproconazol, flutriafol + tiofanato-metilico) na ausência e presença de dois redutores de pH (ácido pirolenhoso e ácido bórico), observaram, em pHs de misturas próximo da neutralidade, maiores quantidades de cátions passivos de se ligarem a ativos dispersos, com possibilidades de formação de precipitados e aceleração da degradação de moléculas fitossanitárias.

No presente trabalho, em contraste, provavelmente a estabilidade da mistura com EDTA se deu devido a quelatização do sulfato de Mn, o cátion componente deste produto, não devido a sua faixa de pH. Já a fonte de cloreto de Mn é incompatível com misturas a base de glifosato, independente do pH resultante na calda. Por isso, apesar do pH da mistura ser um fator importante no desempenho das aplicações de herbicidas, as junções destas moléculas com alguns fertilizantes aplicados via foliar são impactadas também por outros parâmetros, com necessidade de avaliações criteriosas dos componentes da calda. Sobre isso, Devkota e Johnson (2019), em estudos de campo e casa de vegetação para avaliarem efeitos de pH de caldas compostas por fertilizantes foliares (zinco e manganês) em misturas com 2,4-D e glifosato sobre a eficácia de controle de *Ambrosia trifida*, *Conyza campestris* e *Amaranthus palmeri*, constataram que o pH da calda pode influenciar na mistura herbicida, porém fatores como a formulação dos produtos, o preparo da calda e as características do alvo podem desempenhar papéis ainda mais importantes na eficácia de controle.

Por sua vez, Machado et al. (2020) enfatizam em seu trabalho a importância da manutenção de faixas ácidas de pH como prevenção de incompatibilidades de misturas envolvendo glifosato com fontes de Mn. Para estes autores, tanto a fonte do nutriente quanto o potencial hidrogeniônico influenciam na estabilidade da calda, pois constataram complexações de glifosato em misturas com Mn em pH variando de 2,5 a 5,0. Porém em fontes quelatizadas, como o EDTA, estes cenários não ocorreram.

### 3.2.2. Condutividade Elétrica das caldas

Os resultados estatísticos dos Experimentos 1 ao 5, quanto à condutividade elétrica das caldas, estão descritos abaixo (Tabela 9). Nos experimentos de fungicidas, percebe-se interações entre os fatores apenas nos experimentos 2, com os adjuvantes, e 3, com fontes de manganês. Apesar disso, no Experimento 1, envolvendo misturas de fungicidas com glifosato, apenas os herbicidas influenciaram a condutividade elétrica das caldas. Já nos experimentos de misturas de fontes de glifosato, não houve interações entre fatores e, somente no experimento 5, as fontes de manganês alteraram a condutividade das caldas.

**Tabela 9** – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas de condutividade elétrica das caldas

Misturas de Fungicidas (Experimentos 1, 2 e 3)			
	Exp. 1: Fung. x Glif.	Exp. 2: Fung. x Adj.	Exp. 3: Fung. x Mn
F <sub>Fung</sub>	1,80	100806*	50,07*
F <sub>Fator2</sub>	21,47*	788,00*	1791,76*
F <sub>Fung x Fator2</sub>	0,90	57,00*	38,19*
K-S	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	<b>0,18</b>
F <sub>Levene</sub>	6,26	<b>3,27</b>	<b>4,06</b>
Misturas de Glifosato (Experimentos 4 e 5)			
	Exp. 4: Glif. X Adj.	Exp. 5: Glif. X Mn	
F <sub>Glif</sub>	0,66	0,62	
F <sub>Fator2</sub>	1,40	26,31*	
F <sub>Glif x Fator2</sub>	0,78	0,79	
K-S	0,19	<b>0,15</b>	
F <sub>Levene</sub>	7,03	<b>4,37</b>	

Fonte: Elaborada pelo autor. F<sub>Fung</sub>; F<sub>Glif</sub>; F<sub>Fator2</sub>; F<sub>Fung x Fator2</sub>; F<sub>Glif x Fator2</sub>: valor de F calculado para fungicidas, para glifosato, para os fatores 2 respectivos de cada experimento (glifosato, adjuvantes e Mn), e para as interações fungicidas x Fator 2 e glifosato x Fator 2, respectivamente. W; F<sub>Levene</sub>: estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, respectivamente. \*significativo a 0,01. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01.

Independente do experimento, é possível notar a capacidade dos produtos em alterar a condutividade elétrica da calda, sejam os herbicidas, os adjuvantes ou os fertilizantes foliares. A exceção neste aspecto ficou no Experimento 4, no qual nenhum dos fatores, sejam as fontes de glifosato ou os adjuvantes, não se diferenciaram quanto a capacidade de conduzir eletricidade das misturas (Tabela 9).

A fim de determinar condutividade elétrica de soluções nutritivas usadas em cultivos de couve chinesa (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) para otimizar a fisiologia e o

desenvolvimento das plantas em sistema hidropônico, Ding et al. (2018) constataram esta variável como um índice de concentração salina nas soluções, isto é, um indicador da concentração de eletrólitos nesta mistura, dependente da sua composição. Para estes autores, a condutividade elétrica está relacionada com a quantidade de íons disponíveis na mistura e depende das condições ambientais nas quais ela está inserida. Além disso, estes autores concluíram seus estudos com a constatação de dificuldades de absorção de nutrientes pelas plantas de couve, em soluções com alta condutividade elétrica.

Embora no Experimento 4 não tenham ocorrido diferenças de condutividade entre os tratamentos, no Apêndice B observam-se aumentos desta variável com todas as fontes de glifosato e adjuvantes aqui estudados, em comparação com a água. A este respeito, Cunha et al. (2017), ao avaliarem comportamentos de misturas entre cinco fungicidas, dentre eles a azoxistrobina e a trifloxistrobina, cinco herbicidas, dentre eles o glifosato a base de sal de amônio, cinco inseticidas e quatro adjuvantes, dentre eles o ácido propiônico e um óleo mineral, quanto a tensão superficial, o pH e a condutividade elétrica das caldas, verificaram impactos de todos os produtos estudados sobre esta variável, inclusive com os maiores aumentos através dos herbicidas, especialmente o glifosato.

Pelos resultados obtidos para a condutividade elétrica das caldas analisadas nos Experimentos 1 ao 3 (Tabela 10), observaram-se valores entre 74,00 e 1018,67  $\mu\text{S cm}^{-1}$  nas misturas entre os fungicidas e os adjuvantes (Experimento 2), inferiores aos observados nos Experimentos 1 (fungicidas e herbicidas) e 3 (fungicidas e fontes de Mn).

Dentre as fontes de glifosato, independente do fungicida em mistura, o produto à base de sal de potássio apresentou a menor condutividade elétrica, 1853,22  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , enquanto a fonte de Mn com menores índices desta variável foi o ácido cítrico, variando de 1360 a 1580  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Tabela 10). A partir destes resultados de condutividade elétrica, é possível estabelecer uma relação com os resultados de potencial hidrogeniônico (Tabelas 7 e 8), pois em geral, produtos e misturas caracterizados com pH mais ácido tenderam a apresentar maior condutividade elétrica.

**Tabela 10** – Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas de fungicidas, glifosato, adjuvantes e fontes de Mn

Experimento 1 (Fungicidas x Glifosato)			
Glifosato		Médias	
Sal de potássio		1853,22 b	
Sal de amônio		1951,44 a	
Sal isopropilamina		1946,22 a	
C.V. (%)		1,87	
Experimento 2 (Fungicidas x Adjuvantes)			
Fungicidas	Adjuvantes		
	Óleo mineral	Ác. Propiônico	Óleo de laranja
Azox. + Cipro.	76,30 Cb	138,67 Ac	97,00 Bc
Triflox. + Prot. + Bixafen	74,00 Cb	158,33 Ab	139,00 Bb
Mancozebe	909,33 Ca	1018,67 Aa	931,00 Ba
C.V. (%)	1,16		
Experimento 3 (Fungicidas x Mn)			
Fungicidas	Manganês		
	Cloreto de Mn	EDTA	Ác. Cítrico
Azox. + Cipro.	1996,67 Aa	1936,67 Ba	1360,00 Cb
Triflox. + Prot. + Bixafen	1996,67 Aa	1953,33 Ba	1571,67 Ca
Mancozebe	1998,33 Aa	1958,67 Ba	1580,00 Ca
C.V. (%)	1,06		

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Spadoni (2019) também constatou esta relação, com resultados de maiores reduções de pH associadas a aumentos de condutividade elétrica. Assim, ocorreu para as fontes de glifosato, o ácido propiônico e para o Mn em ácido cítrico, considerados agentes acidificantes, com condutividade elevada. Os fungicidas sistêmicos e os adjuvantes oleosos, por sua vez, ao serem caracterizados com pH neutro a alcalino, apresentaram resultados mais baixos de condutividade. As exceções se deram pelas fontes Mn em cloreto e EDTA, caracterizados como neutros a alcalinos, porém com alta condutividade elétrica, devido as suas composições iônicas carregadas eletricamente. Além destes, o fungicida mancozebe, também ionicamente carregado em sua composição, apesar de ser um produto de pH neutro com suas misturas em geral caracterizadas também em faixa neutra, porém com alta capacidade de condução elétrica se comparado aos outros produtos de sua classe.

Em relação aos fungicidas, de acordo com Ribeiro et al. (2021), após resultados em avaliações de compatibilidades físico-químicas de misturas de fungicidas, envolvendo os produtos trifloxistrobina + protioconazol, piraclostrobina + fluxaproxade e mancozebe, e os adjuvantes óleo mineral, óleo vegetal e óleo de laranja, o mancozebe, independente do aditivo associado, apresenta maior capacidade de conduzir eletricidade em suas soluções, se

comparado com os produtos à base de estrobilurinas em mistura com triazóis, assim como constatado no presente trabalho. Neste caso, o óleo de laranja acentuou positivamente esta diferença, pois proporcionou maiores valores, em comparação aos outros óleos.

Percebe-se também uma tendência de valores mais altos, entre 138,67 e 1018,67  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , ao se tratar das caldas com o ácido propiônico. Por outro lado, as misturas envolvendo os adjuvantes a base de óleo com os fungicidas sistêmicos apresentaram os menores índices desta variável, entre 76,30 e 931,00  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Landim et al. (2019) ao estudarem efeitos interativos entre os adjuvantes multifuncional orgânico, lauril éter, ácido propiônico, óleo de laranja e siliconado multifuncional, e o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, a respeito das características físico-químicas, do tempo de evaporação das gotas e do tamanho das gotas de pulverização, também notaram maiores índices desta variável quando na presença do ácido propiônico.

Os resultados do presente trabalho, assim como os obtidos por Ribeiro et al. (2021) e Landim et al. (2019), se assemelham aos constatados por Cunha et al. (2017), nos quais estrobilurinas em misturas com triazóis, foram caracterizadas com menor condutividade elétrica, em comparação a outros fungicidas, além do adjuvante ácido propiônico como o principal adjuvante responsável por elevar esta variável, se comparado a aditivos a base de óleos.

Ainda foi possível verificar influências diferentes entre as fontes de Mn, sendo o cloreto a fonte com maiores valores de condutividade, independente do fungicida. O ácido cítrico, por sua vez, foi a fonte de Mn com os menores valores, de modo que a sua mistura com o fungicida azoxistrobina + ciproconazol resultou na menor condutividade do Experimento 3, 1360  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Tabela 10). Novamente, esses resultados reforçam o fato da influência da composição dos produtos envolvidos na mistura em tanque, pois maiores valores de condutividade elétrica indicam maiores presença de íons capazes de carregar eletricamente a solução (CUNHA et al., 2017; DING et al., 2018; RHEINHEIMER; SOUZA, 2000).

A influência das fontes de Mn, em mistura com os herbicidas, sobre a condutividade elétrica das caldas analisadas nos Experimento 5, estão descritas abaixo (Tabela 11). Nota-se maior condutividade elétrica, 1995,11  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , nas caldas compostas pelo cloreto de manganês, assim como observado no Experimento 3 (Tabela 10).

**Tabela 11** – Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas entre fontes de glifosato e fontes de manganês (Experimento 5)

Fonte de Mn	Médias
Cloreto de Mn	1995,11 a
EDTA	1943,33 b
Ácido cítrico	1950,33 b
C.V. (%)	0,84

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Estes resultados reforçam a importância da composição dos produtos em misturas, sobre a condutividade elétrica e o pH. O cloreto de Mn, por exemplo, foi a fonte com o maior valor de pH dentre as avaliadas, além de ter sido o responsável pelos maiores valores de condutividade elétrica, contrariando a tendência de relação inversa entre estas variáveis.

Assunção et al. (2019) também reforçam a ideia desta característica ser afetada pela formulação dos produtos componentes das misturas em tanque, principalmente pelos íons presentes, suas concentrações e valências. De acordo com os seus resultados com mistura a base de ácido fosfórico, a condutividade elétrica tende a aumentar devido a presenças dos íons deste produto na mistura.

### 3.2.3. Tensão superficial das caldas

No geral, as tensões variaram entre os experimentos, com dependências claras das misturas envolvidas, isto é, das interações entre os componentes das caldas, suas características de composição e formulação (Tabela 12). Ocorreu interação somente entre os fatores nas análises com os fungicidas.



**Tabela 12** – Valores de F calculados e testes de pressuposições para as análises estatísticas da tensão superficial das caldas

Misturas de Fungicidas (Experimentos 1, 2 e 3)			
	Exp. 1: Fung. x Glif.	Exp. 2: Fung. x Adj.	Exp. 3: Fung. x Mn
$F_{\text{Fung}}$	60,82*	51,03*	3,29
$F_{\text{Fator2}}$	21,94*	11,76*	15,63*
$F_{\text{Fung x Fator2}}$	3,75*	7,55*	4,03*
K-S	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,14</b>
$F_{\text{Levene}}$	<b>2,29</b>	<b>1,40</b>	<b>2,71</b>
Misturas de Glifosato (Experimentos 4 e 5)			
	Exp. 4: Glif. x Adj.	Exp. 5: Glif. x Mn	
$F_{\text{Glif}}$	0,63	7,84*	
$F_{\text{Fator2}}$	0,68	0,32	
$F_{\text{Glif x Fator2}}$	1,24	2,38	
K-S	<b>0,15</b>	<b>0,17</b>	
$F_{\text{Levene}}$	<b>3,40</b>	<b>5,33</b>	

Fonte: Elaborada pelo autor.  $F_{\text{Fung}}$ ;  $F_{\text{Glif}}$ ;  $F_{\text{Fator2}}$ ;  $F_{\text{Fung x Fator2}}$ ;  $F_{\text{Glif x Fator2}}$ : valor de F calculado para fungicidas, para glifosato, para os fatores 2 respectivos de cada experimento (glifosato, adjuvantes e Mn), e para as interações fungicidas x Fator 2 e glifosato x Fator 2, respectivamente. W;  $F_{\text{Levene}}$ : estatísticas dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Levene, respectivamente. \*significativo a 0,01. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01.

Lima e Fernandes (2019), ao estudarem métodos alternativos de caracterização de líquidos, por determinação de ângulos de contato de gotas, tensão superficial e adesão em superfícies na área de construção civil, definiram esta variável como “uma membrana elástica na superfície dos líquidos”, ou seja, propriedades de forte interação entre as moléculas presentes nas superfícies das soluções. Para estes autores, estas interações tornam estas superfícies estáveis, por isso os aspectos de gotas esféricas quando ocorrem pulverizações destes líquidos. Ao se quebrarem estas interações, reduzem as tensões superficiais das soluções, se desbalanceiam as forças intermoleculares, promovendo atrações das moléculas superficiais para o interior do líquido.

No caso da água pura, para se remover estas moléculas da superfície, exige-se uma quantidade mínima de energia, a tensão superficial de  $72,75 \text{ mN m}^{-1}$ , a  $20^\circ\text{C}$ . Em soluções com líquidos, ou produtos componentes, com interações intermoleculares mais fracas, exigem-se menos energias para romperem as suas tensões superficiais (LIMA; FERNANDES, 2019).

O desdobramento da interação entre os fungicidas analisados e as fontes de glifosato, adjuvantes e Mn, trabalhadas nos Experimentos 1 ao 3, quanto a tensão superficial das caldas resultantes, está apresentado abaixo (Tabela 13). As misturas com as menores tensões superficiais envolveram os fungicidas azoxistrobina + ciproconazol ( $38,31 \text{ mN m}^{-1}$ ) e

trifloxistrobina + protioconazol + bixafen (40,63 mN m<sup>-1</sup>). O mancozebe compôs a mistura com a maior tensão superficial (67,71 mN m<sup>-1</sup>).

**Tabela 13** – Tensão superficial (mN m<sup>-1</sup>) de caldas compostas por misturas de fungicidas, glifosato, adjuvantes e fontes de Mn

Experimento 1 (Fungicidas x Glifosato)			
Fungicidas	Glifosato		
	Sal de potássio	Sal de amônio	Sal isopropilamina
Azox. + Cipro.	46,87 Aa	45,45 Aa	44,51 Ba
Triflox. + Prot. + Bixafen	42,63 Ab	42,25 Ab	38,31 Bc
Mancozebe	42,63 Ab	43,19 Ab	41,50 Ab
C.V. (%)	2,08		
Experimento 2 (Fungicidas x Adjuvantes)			
Fungicidas	Adjuvantes		
	Óleo mineral	Ác. Propiônico	Óleo de laranja
Azox. + Cipro.	44,43 Ab	40,63 Bb	44,01 Ab
Triflox. + Prot. + Bixafen	43,17 Ab	43,60 Aa	40,63 Bc
Mancozebe	49,73 Aa	45,28 Ba	47,82 Aa
C.V. (%)	2,60		
Experimento 3 (Fungicidas x Mn)			
Fungicidas	Manganês		
	Cloreto de Mn	EDTA	Ác. Cítrico
Azox. + Cipro.	48,67 Bb	52,90 ABa	59,24 Aa
Triflox. + Prot. + Bixafen	61,63 Aa	50,78 Ba	64,75 Aa
Mancozebe	48,67 Bb	57,13 Ba	67,71 Aa
C.V. (%)	8,23		

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Panini (2019), ao estudar o comportamento das gotas pulverizadas por pontas de jato plano de faixa ampliada (XR11003) quanto a variações de tensão superficial e viscosidade de caldas compostas por um surfactante espalhante adesivo e um óleo vegetal, notou redução da primeira variável com os aumentos das doses dos adjuvantes. Para este autor, esta modificação na concentração dos componentes da calda modifica as propriedades físicas da solução, por isso a redução da tensão superficial em comparação com a água e a classificação destes adjuvantes como tensoativos, capazes de quebrar a tensão superficial.

Além dos adjuvantes componentes das misturas analisadas, os produtos envolvidos nas caldas são formulados com aditivos em suas composições, capacitando-os muitas vezes como tensoativos também. Por isso, Carvalho (2016), ao estudar interferências de formulações (EC, SC e WG) de inseticidas e fungicidas na tensão superficial, viscosidade e espectro de gotas de caldas de pulverização, observou a capacidade de quebra de tensão

superficial, com redução de até 22% desta característica, pela adição de tensoativos em misturas com fungicidas.

Quanto ao comportamento dos fungicidas, houve variações entre os produtos estudados, dependendo do outro componente envolvido na mistura. Nas caldas com as fontes de glifosato e com os adjuvantes, o fungicida sistêmico com mistura tripla (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen) apresentou as menores tensões. Já nas caldas com as fontes de Mn, a mistura dupla (azoxistrobina + ciproconazol) se caracterizou com os menores valores.

Em estudos avaliativos de caldas fungicidas quanto a tensão superficial, o ângulo de contato, a área molhada por gotas de pulverização e os espectros produzidos pela ponta XR11002, em aplicações de azoxistrobina + mancozebe e azoxistrobina + benzovindiflupir, em misturas com dois adjuvantes (copolímero de poliéter + silicone e um óleo mineral), além de fertilizantes foliares (um a base de N e Mn, e outro a base de  $P_2O_5$ ), Decaro (2018) notou reduções das tensões a partir das aplicações com os adjuvantes e os fertilizantes, além de melhorias nas uniformidades das gotas.

Em relação aos outros componentes de misturas, também dependendo dos fungicidas (Tabela 13), ocorreram diferenças de comportamentos quanto à tensão superficial. Em relação ao glifosato, o sal de isopropilamina se caracterizou com as menores tensões superficiais. Dentre os adjuvantes, o produto com maior poder de quebra da tensão superficial foi o ácido propiônico, isto é, apresentou os menores valores desta característica. Já sobre as fontes de Mn, as menores tensões se deram nas fontes de cloreto e EDTA.

Para Decaro (2018), o uso de adjuvantes tensoativos em associação com fungicidas contribuem com a redução dos ângulos de contato das gotas sobre as superfícies dos alvos, promovendo maiores espalhamentos das misturas. Por isso, as caldas caracterizadas no presente trabalho com reduções das tensões superficiais tendem a promover melhores coberturas dos alvos biológicos. Apesar deste fato positivo, caldas com reduções exageradas das tensões superficiais podem perder poder de adesão com as superfícies vegetais, devido a excessos no espalhamento sobre as folhas, correndo maiores riscos de escorrimento e perdas para o solo.

Precipito et al. (2018), em pesquisa para determinar área de molhamento e tempo de evaporação de gotas de pulverização do fungicida piraclostrobina + metiram, em mistura com um óleo mineral, sobre folhas de tomate, pimentão e pepino, além de lâmina de vidro como superfície artificial, observaram uma relação inversa entre a tensão superficial das caldas e o molhamento das superfícies, pois ao reduzirem-se as tensões das misturas, elevaram-se os molhamentos dos alvos, especialmente através da adição do adjuvante.

Estes excessos de reduções da tensão superficial podem ocorrer devido a dosagens superestimadas de tensoativos, conforme descrito por Panini et al. (2020), em estudo de quantificação da velocidade de diferentes espectros de gotas pulverizadas por uma ponta de jato plano de faixa ampliada, a fim de determinar uma correlação entre a tensão superficial e a viscosidade das misturas fitossanitárias com surfactante e óleo vegetal em diferentes concentrações. Estes autores confirmaram a relação negativa entre a concentração dos adjuvantes na solução e a tensão superficial resultante, porém estes resultados dependem da formulação dos aditivos.

As tensões superficiais das caldas analisadas no Experimento 5, a partir das misturas do glifosato com as diferentes fontes de manganês, estão descritas abaixo, na qual é possível perceber que somente os herbicidas alteraram esta variável, sem influências dos produtos de nutrição foliar (Tabela 14).

**Tabela 14** – Tensão superficial ( $\text{mN m}^{-1}$ ) de caldas compostas por misturas entre fontes de glifosato e fontes de manganês

Glifosato	Médias
Sal de potássio	46,97 b
Sal de amônio	51,06 ab
Sal isopropilamina	53,32 a
C.V. (%)	6,83

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

O glifosato em sal de potássio compôs as misturas com as menores tensões superficiais ( $46,97 \text{ mN m}^{-1}$ ) neste experimento, contrariando os resultados obtidos no Experimento 1 (Tabela 13) a respeito do sal de isopropilamina o qual, em mistura com os fungicidas, apresentou os menores índices desta variável ( $38,31 \text{ mN m}^{-1}$ ).

De acordo com Costa et al. (2020), a água na sua forma pura e em estado líquido tende a apresentar tensão superficial próxima a  $72,03 \text{ mNm}^{-1}$ , valor aproximado ao constatado neste trabalho (Apêndice B), no qual a água foi avaliada com tensão de  $72,0 \text{ mNm}^{-1}$ . O glifosato avaliado por estes autores, o sal de potássio assim como no presente trabalho, proporcionou a maior redução da tensão superficial da calda. Esta redução, conforme constatado para todas as fontes de glifosato analisadas, independe do adjuvante e da fonte de manganês em mistura.

Um fator importante para os resultados de tensão superficial de misturas fitossanitárias é a formulação dos produtos. Tanto o sal de potássio quanto o sal de isopropilamina são formulados como concentrados solúveis (SL), os quais apresentam como principais vantagens a alta solubilidade em água, sem necessidade de alta agitação no tanque, pois normalmente

não ocorre separação de fases, exceto na presença de produtos incompatíveis. Para a estabilidade destas formulações, em busca da máxima eficácia biológica e eficiência em suas aplicações, depende-se muito de aditivos e adjuvantes surfactantes, responsáveis pelas reduções da tensão superficial (HAZRA et al., 2017; OLIVEIRA JR. et al., 2021).

Por outro lado, o sal de amônio, formulado como grânulos dispersíveis em água (WG), por ser uma formulação sólida para aplicação após a sua desintegração e dispersão em água, possuem alto teor de ingredientes ativos e menores quantidades de aditivos estabilizadores capazes de quebrar a tensão superficial (OLIVEIRA JR. et al., 2021; WOODS et al., 2005).

## 4 CONCLUSÕES

As formulações e composições dos produtos determinam as características físico-químicas e compatibilidades das misturas em tanque, inclusive com interações entre os componentes das caldas.

As características físico-químicas não explicam de forma isolada a compatibilidade física das misturas estudadas.

As misturas do fungicida mancozebe com as diferentes fontes de glifosato e com cloreto de manganês resultam em caldas incompatíveis para pulverizações. Isto também acontece com o cloreto de Mn em mistura com todos os sais de glifosato.

As fontes quelatizadas de Mn, EDTA e ácido cítrico, permitem a mistura deste nutriente foliar com glifosato.

A fonte de Mn em EDTA eleva o pH das misturas com o glifosato, e isso não implica em incompatibilidade física dessa mistura.

Os fungicidas avaliados são caracterizados como produtos de pH neutro a alcalino, porém em mistura com os agentes acidificantes glifosato, ácido propiônico e Mn em ácido cítrico, compõem caldas ácidas.

Todos os produtos estudados compõem misturas capazes de quebrar a tensão superficial das caldas em relação à água, com ação destacada para os adjuvantes empregados.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13875:2014**. Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 12 p.
- ALMASRI, H.; TAVARES, D. A.; DIOGON, M.; PIOZ, M.; ALAMIL, M.; SENÉ, D.; TCHAMITCHIAN, S.; COUSIN, M.; BRUNET, J.; BELZUNCES, L. P. Physiological effects of the interaction between *Nosema ceranae* and sequential and overlapping exposure to glyphosate and difenoconazole in the honey bee *Apis mellifera*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Londres, v. 217, n. 1, p. 1-11, 2019.
- ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2021. 64 p.
- ASSUNÇÃO, H. H.; CAMPOS, S. F. B.; SOUSA, L. A.; LEMES, E. M.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvants plus phytosanitary products and the effects on the physical-chemical properties of the spray liquids. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 6, p. 1878-1885, 2019.
- BARROSO, G. M.; DUQUE, T. S.; CUSTÓDIO, I. G.; LEITE, M. L. F.; CORRÊA, J. M.; SILVA, D.V; JÚNIOR, F. D. S.; SANTOS, J. B. Expansion of planted forests: the risk of pesticides mixtures. **Forests**, Basel, v. 13, n. 50, p. 1-17, 2022.
- BELSKY, J.; JOSHI, N. K. Effects of fungicide and herbicide chemical exposure on apis and non-apis bees in agricultural landscape. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, n. 81, p. 1-10, 2020.
- BERNARDS, M. L.; THELEN, K. D.; MUTHUKUMARAN, R.B. Glyphosate interaction with manganese in tank mixtures and its effect on glyphosate absorption and translocation. **Weed Science**, Cambridge, v. 53, n. 1, p. 787-794, 2005.
- CARVALHO, F. K. **Viscosidade, tensão superficial e tamanho de gotas em caldas com formulações de inseticidas e fungicidas**. 2016. 54 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2016.
- CASTRO, E. B.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; BELAPART, D. Influence of adjuvants on the surface tension, deposition and effectiveness of herbicides on fleabane plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1-9, 2018.
- CAVALIERI, J. D.; SANTOS, S. A.; CARBONARI, C. A.; RAETANO, C. G. Impact of glyphosate formulations and adjuvants: effects on leaf interaction, metabolism, and control of sourgrass. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 8, p. 1-12, 2022
- CHAHAL, G. S.; JORDAN, D. L.; BURTON, J. D.; DANEHOWER, D.; YORK, A. C.; EURE, P. M.; CLEWIS, B. Influence of water quality and coapplied agrochemicals on efficacy of glyphosate **Weed Technology**, Cambridge, v. 26, n. 2, p. 167-176, 2012.
- COSTA, L. L.; SANTO, T. C. M.; ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. C.; LEÃO-ARAÚJO, E. F.; TIMOSSI, P. C. Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 19, n. 3, p. 1-8, 2020.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.

DARIO, I. S. N. **Interação de adjuvantes e do volume de calda na eficiência da aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2022. 238 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2022.

DECARO, R. A. **Espalhamento de gotas de fungicidas em associação com adjuvantes sobre superfícies vegetais e artificiais**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2018.

DEVKOTA, P.; JOHNSON, W. Influence of carrier water pH, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on 2,4-D and 2,4-D plus glyphosate efficacy. **Weed Technology**, Cambridge, v. 33, n. 4, p. 562-568, 2019.

DING, X.; JIANG, Y.; ZHAO, H.; GUO, D.; HE, L.; LIU, F.; ZHOU, Q.; NANDWANI, D.; HUI, D.; YU, J. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **PLoS ONE**, Xianyang, v. 13, n. 8, p. 1-15, 2018.

DI RAIMO, L. A. L.; SOARES, A. P.; AMORIM, R. S. S.; ESPINOZA, D. M.; MAGALHÃES, W. A.; TORRES, G. N. Aplicação conjunta de micronutriente (Mn) e fungicida em cultivo de soja. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Sinop, v. 6, n. 1, p. 9-14, 2018.

DOPIERALA, K.; PROCHASKA, K. The effect of molecular structure on the surface properties of selected quaternary ammonium salts. **Journal of colloid and interface science**, San Diego, v. 321, n. 1, p. 220-226, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

GALVÃO, R. F.; ECCO, M.; RIFFEL, R. C.; BARBOSA, A. P. Uso de diferentes adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-12, 2021.

GAMA, M. S.; AFONSO, J. C. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 232-239, 2007.

GANDINI, E. M. M.; COSTA, E. S. P.; SANTOS, J. B.; SOARES, M. A.; BARROSO, G. M.; CORRÊA, J. M.; CARVALHO, A. G.; ZANUNCIO, J. C. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 268, n. 1, p. 122-152, 2020.

GRIESANG, F.; DECARO, R. A.; SANTOS, C. A. M.; SANTOS, E. S.; ROQUE, N. H. L.; FERREIRA, M. C. How much do adjuvant and nozzles models reduce the spraying drift? Drift in agricultural spraying. **American Journal of Plant Sciences**, Washington, v. 8, n. 1, p. 2785-2794, 2017.



HAZRA, D. K.; KARMAKAR, R.; POI, R.; BHATTACHARYA, S.; MONDAL, S. Recent advances in pesticide formulations for ecofriendly and sustainable vegetable pest management: a review. **Archives of Agriculture and Environmental Science**, Haridwar, v. 2, n. 3, p. 232-237, 2017.

KAJIHARA, L. H. **Importância de fungicidas sítio-específicos e multissítios para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja, em diferentes cultivares, épocas de semeadura e análise do retorno financeiro**. 2019. 120 f. Tese (Doutorado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico (IB – APTA), São Paulo, 2019.

LANDIM, T. N. **Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LANDIM, T. N.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, M. G.; SILVA, S. M. Interactions between adjuvants and the fungicide azoxystrobin+benzovindiflupyr in hydraulic spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.39, n.5, p.600-606, 2019.

LIMA, J. E. S.; FERNANDES, S. V. Determinação do ângulo de contato, tensão superficial e trabalho de adesão de um *primer* adesivo uretânico. **Caleidoscópio**, Guarulhos, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2019

MACHADO, B. A.; GOMES, M. H. F.; ALMEIDA, E.; OTTO, R.; KAMOGAWA, M. Y.; CARVALHO, H. W. P. Understanding the chemistry of manganese fertilizers and glyphosate mixtures by using synchrotron x-ray spectrometry. **SN Applied Sciences**, Londres, v. 2, n. 11, p. 1-12, 2020.

MEHDIZADEH, M.; MEHDIZADEH, Z.; BAGHAEIFAR, Z. Efficacy evaluation of tribenuron methyl herbicide by using different adjuvants for common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) control. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, Ilam, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2020.

MENECHINI, W.; BERNARDI, D.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; DEUS, A. S.; ABRAÃO, P. C.; NICOLAU, J. P. B.; FERREIRA, A. S. Redução do pH na calda do glifosato com uso de sais e verificar a eficiência no controle de *Bidens pilosa* L. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 50674-50687, 2020.

MENG, Y.; ZHONG, W.; LIU, C.; SU, J.; SU, J.; LAN, Y.; WANG, Z.; WANG, M. UAV spraying on citrus crop: impact of tank-mix adjuvant on the contact angle and droplet distribution. **PeerJ**, Londres, v. 10, n. 1, p. 1-20, 2022.

NETO, W. G. P. **Volatilização e espectro de gotas do dicamba influenciada por diferentes formulações, adjuvantes e sais de glifosato**. 2021. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A.; FILHO, D. R. Potencial hidrogeniônico da água e sua influência no organismo humano: um artigo de revisão. **International Journal of Nutrology**, Catanduva, v. 11, n. 1, p. 16-23, 2018.

OLIVEIRA JR., R. S.; BIFFE, D. F.; MACHADO, F. G.; SILVA, V. F. V. Mecanismos de ação de herbicidas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Org.). **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. 1. ed. Jaboticabal: Fábrica de Palavras, 2021. p. 170-204.

PALMA-BAUTISTA, C.; VAZQUEZ-GARCIA, J. G.; TRAVLOS, I.; TATARIDAS, A.; KANATAS, P.; DOMÍNGUEZ-VALENZUELA, J. A.; PRADO, R. Effect of Adjuvant on Glyphosate Effectiveness, Retention, Absorption and Translocation in *Lolium rigidum* and *Conyza canadensis*. **Plants**, Basel, v. 297, n. 9, p. 1-11, 2020.

PANINI, R. L. **Velocidade das gotas geradas por pontas de jato plano de faixa ampliada em função da tensão superficial e da viscosidade da calda**. 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.

PANINI, R. L.; ANTUNIASSI, U. R.; OLIVEIRA, R. B. Velocidade de tamanho de gotas de pulverização em função da variação da tensão superficial e da viscosidade de caldas de óleo vegetal e surfactant. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 180-189, 2020

PERES, D. M.; GHELLER, J. A.; MENEGATI, C. T.; LAURETH, J. C. U.; BISCA, G.; BARBOSA, J. Z.; XIMENES, B. F.; BECKERS, M. J. Adjuvantes aliados à aplicação de fungicidas na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. Mercado e Pesquisa, n. 1, p. 1-13, 2020.

PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

PRECIPITO, L. M. B.; DARIO, G.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, R. B. Evaporation and wettability of fungicide spray, with or without adjuvant, on leaves of vegetables. **Horticultura brasileira**, Brasília-DF, v.36, n.3, p. 320-324, 2018.

RAKES, M.; GRÜTZMACHER, A. D.; PASINI, J. B.; PASINI, R. A.; SCHAEGLER, C.E. Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2017.

RAMOS, M. F. T.; SANTOS, R. T. S.; ALMEIDA, D. P.; VECHIA, J. F. D.; FERREIRA, M. C. Effect of pesticide addition sequence on the preparation of phytosanitary spray solutions. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RHEINHEIMER, D. S.; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

RIBEIRO, R. P. M.; COSTA, L. L.; LEÃO-ARAÚJO, E. F.; OLIVEIRA., A. Compatibilidade físico-química de caldas fungicidas e adjuvantes. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 13, n. 5, p. 35-41, 2021.

SANCHES, J. J.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J. Impact of rainfalls on the acaricide propargite with and without addition of adjuvants for the control of the mite *Brevipalpus yotheresi*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 1-8, 2018.

SANTOS, R. T. S.; FERREIRA, M. C.; VIANA, R. G. Does the use of adjuvants alter surface tension and contact angle of herbicide spray droplets on leaves of *Sida* spp.? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2019.

SOBIECH, L.; GRZANKA, M.; SKRZYPCZAK, G.; IDZIAK, R.; WTODARCZAK, S.; OCHUWIAK, M. Effect of adjuvants and pH adjuster on the efficacy of sulcotrione herbicide. **Agronomy**, Barcelona, v. 10, n. 530, p. 1-12, 2020.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed., New York: W. H. Freeman, 1995. 937 p.

SOUZA, D. M. **Impactos do volume de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática e oídio da soja: a inclusão do mancozebe no manejo**. 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.

SPADONI, A. B. D. **Propriedades físico-químicas e primórdios da perda de estabilidade de calda inseticida em misturas com fungicidas e adjuvantes**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2019.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

ZANDONADI, C. H. S.; BURKHARDT, J.; HUNSCHE, M.; CUNHA, J. P. A. R. Tank-mix of chlorantraniliprole and manganese foliar fertilizers: Impact on rheological characteristics, deposit properties and cuticular penetration. **Crop Protection**, Londres, v. 106, n. 1, p. 50-57, 2017a.

ZANDONADI, C.H. S.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, T. C.; SILVA, S. M. Tank mixture of pesticides for *Spodoptera frugiperda* control in maize with triflumuron. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 31-40, 2017b.

ZHAO, R.; SUN, Z.; BIRD, N.; GU, Y.; XU, Y.; ZHANG, Z.; WU, X. Effects of tank-mix adjuvants on physicochemical properties and dosage delivery at low dilution ratios for unmanned aerial vehicle application in paddy fields. **Pest Management Science**, Londres, v. 78, n. 4, 2022.

WOODS, N.; COWLES, G.; CROME, J.; LAMBOURNE, R.; SIMPSON, P.; WEBSTER, R. **Agricultural chemical user's manual: guidelines and principles for responsible agricultural chemical use**. 1. ed. Gatton: The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries. 2005. 139 p.

### **CAPÍTULO III**

**IMPACTOS DA MISTURA DE AZOXISTROBINA, GLIFOSATO E ADJUVANTES  
NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, ESPECTRO DE GOTAS E ABSORÇÃO  
DE CALDA APLICADA NA CULTURA DA SOJA**

## IMPACTOS DA MISTURA DE AZOXISTROBINA, GLIFOSATO E ADJUVANTES NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, ESPECTRO DE GOTAS E ABSORÇÃO DE CALDA APLICADA NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

A mistura de produtos em tanque é uma alternativa para otimizar o manejo fitossanitário de doenças na cultura da soja. No entanto, as misturas posicionadas equivocadamente, com produtos incompatíveis entre si, podem prejudicar esta prática, inclusive a absorção de produtos. O objetivo deste trabalho foi analisar as características físico-químicas de misturas do fungicida azoxistrobina com glifosato e adjuvantes, estudar os espectros de gotas formados a partir de suas pulverizações e avaliar a sua absorção, através de cromatografia gasosa, por plantas de soja. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições: T1. azoxistrobina; T2. azoxistrobina + glifosato; T3. azoxistrobina + óleo mineral; T4. azoxistrobina + ácido propiônico; e T5. azoxistrobina + óleo de laranja. Todas as caldas foram preparadas em concentrações para simular uma taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup>, e para as aplicações utilizou-se a ponta de jato plano defletor TT110015. Avaliou-se a estabilidade física, o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica e a tensão superficial das caldas, além dos espectros de gotas produzidos e da absorção de azoxistrobina pelas folhas de soja. Os testes de estabilidade física de caldas, a fim de julgá-las como compatíveis, compatíveis sob agitação e incompatíveis, se deram por análises visuais de incompatibilidades. O pH e a condutividade elétrica das caldas foram medidos através de um peagâmetro e condutímetro portátil. A tensão superficial foi verificada através de um tensiômetro de bancada com anel de platina. A análise do espectro de gotas pulverizadas foi feita através de um analisador de partículas em tempo real por difração de raio laser. Em casa de vegetação, para avaliar a absorção do fungicida, conduziu-se plantas de soja em vasos para receberem aplicações em R1 através de um pulverizador de CO<sub>2</sub> a 3,6 km h<sup>-1</sup>. Durante as aplicações, somente três folhas de cada planta foram expostas as gotas de pulverização, representando três tempos de coleta após a pulverização: 0 h, 2 h e 48 h. A quantidade de azoxistrobina absorvida, em cada tempo de coleta, foi determinada por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS). Todas as caldas se mostraram compatíveis fisicamente. Somente as misturas do fungicida com o glifosato e com o ácido propiônico foram ácidas, as quais apresentaram a maior condutividade elétrica. Os adjuvantes proporcionaram maiores potenciais de redução das tensões superficiais das caldas. As pulverizações foram classificadas com espectro de gotas médias. A calda azoxistrobina + ácido propiônico produziu o espectro mais uniforme. A calda de azoxistrobina + glifosato se mostrou a mais propensa a perdas por deriva, além das menores porcentagens de absorção. Os adjuvantes elevaram as quantidades de azoxistrobina absorvida. As folhas demoraram 2 horas para absorver 72,58% da calda aplicada, e após 48 horas esta porcentagem se elevou para 78,25%. Apesar das caldas serem compatíveis fisicamente, quimicamente o glifosato pode piorar a absorção da azoxistrobina, enquanto os adjuvantes podem melhorar este aspecto. Não é recomendável a mistura do glifosato com este fungicida. Duas horas após a aplicação, há tendência de estabilização da absorção de azoxistrobina.

**PALAVRAS-CHAVE:** cromatografia gasosa, tempo de absorção, *Glycine max* L. Merrill, mistura em tanque.

## **IMPACTS OF THE MIXTURE OF AZOXYSTROBIN, GLYPHOSATE AND ADJUVANTS ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES, SPECTRUM OF DROPS AND ABSORPTION OF SPRAY APPLIED IN SOYBEAN CULTURE**

### **ABSTRACT**

The mixture of products in tanks is an alternative to optimize the phytosanitary management of diseases in the soybean crop. However, mistakenly positioned mixtures, with products that are incompatible with each other, can hinder this practice, including product absorption. The objective of this work was to analyze the physical-chemical characteristics of mixtures of the fungicide azoxystrobin with glyphosate and adjuvants, to study the droplet spectra formed from its sprayings, and to evaluate its absorption, by gas chromatography, by soy plants. The experiment was conducted in an entirely randomized design, with 5 treatments and 4 repetitions: T1. azoxystrobin; T2. azoxystrobin + glyphosate; T3. azoxystrobin + mineral oil; T4. azoxystrobin + propionic acid; and T5. azoxystrobin + orange oil. All grouts were prepared in concentrations to simulate an application rate of 160 L ha<sup>-1</sup>, and a TT110015 deflector flat spray tip was used for the applications. The physical stability, hydrogen potential (pH), electrical conductivity, and surface tension of the grouts were evaluated, as well as the spectra of droplets produced and the absorption of azoxystrobin by soybean leaves. The physical stability tests of the grouts, in order to judge them as compatible, compatible under stirring, and incompatible, were done by visual analysis of incompatibilities. The pH and electrical conductivity of the grouts were measured using a peagameter and portable conductivimeter. The surface tension was checked using a benchtop tensiometer with a platinum ring. The sprayed droplet spectrum was analyzed using a real-time laser beam diffraction particle analyzer. In the greenhouse, to evaluate fungicide uptake, soybean plants were potted up to receive applications at R1 using a CO<sub>2</sub> sprayer at 3.6 km h<sup>-1</sup>. During the applications, only three leaves from each plant were exposed to the spray droplets, representing three collection times after spraying: 0 h, 2 h, and 48 h. The amount of azoxystrobin absorbed at each collection time was determined by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). All the grouts proved to be physically compatible. Only the mixtures of the fungicide with glyphosate and with propionic acid were acidic, which presented the highest electrical conductivity. The adjuvants provided the greatest potential for reducing surface tension in the grouts. The sprays were classified with medium droplet spectrum. The azoxystrobin + propionic acid spray produced the most uniform spectrum. The azoxystrobin + glyphosate spray was the most prone to drift losses, in addition to the lowest uptake percentages. The adjuvants increased the amounts of azoxystrobin absorbed. The leaves took 2 hours to absorb 72.58% of the sprayed solution, and after 48 hours this percentage increased to 78.25%. Although the grouts are compatible physically, chemically glyphosate may worsen the uptake of azoxystrobin, while adjuvants may improve this aspect. Mixing glyphosate with this fungicide is not recommended. Two hours after application, there is a tendency for azoxystrobin uptake to stabilize.

**KEYWORDS:** gas chromatography, absorption time, Glycine max L. Merrill, tank-mixing.

## 1 INTRODUÇÃO

O manejo de doenças na cultura da soja figura como um grande desafio para a tecnologia de aplicação sustentável, pois os patógenos são alvos agressivos e de difícil acesso, com constante ocorrência de resistências às moléculas fungicidas. Diante disso, os agricultores optam pela prática de misturas de produtos fitossanitários em tanque, a fim de otimizar as aplicações com economia de tempo e dinheiro, e busca por espectros de gotas favoráveis a coberturas dos alvos, facilitando a absorção do fungicidas. No entanto, as misturas posicionadas equivocadamente, com produtos incompatíveis entre si, podem prejudicar esta prática.

Por ser uma classe numerosa de ingredientes ativos e essenciais para o manejo de patógenos, os fungicidas são amplamente utilizados em aplicações foliares na cultura da soja, a partir dos estádios vegetativos. Em grande parte de suas aplicações, os fungicidas são misturados com o herbicida glifosato, especialmente em lavouras de soja RR, a fim de atrelar o manejo de doenças ao controle de plantas infestantes, com otimização operacional. Na maioria destas aplicações, os agricultores optam por misturar também um adjuvante (GANDINI et al., 2020; GAZZIERO, 2015).

Ao realizarem misturas de fungicidas com outros produtos no tanque do pulverizador, sejam com adjuvantes ou produtos fitossanitários, interações entre as moléculas podem resultar em efeitos sinérgicos ou antagonísticos sobre a eficácia de controle dos patógenos e a eficiência das aplicações. O antagonismo pode ocorrer até de maneira invisível, com uma incompatibilidade apenas química, com redução da eficácia de absorção e controle, prejuízo à distribuição de gotas sobre os alvos e intensificação da seleção de organismos resistentes (RIBEIRO et al., 2021).

Estas incompatibilidades podem ocorrer em separações de fases na mistura, com floculações, precipitações e formações de borras no interior do tanque do pulverizador, do circuito e das pontas de pulverização, reduzindo a vida útil do equipamento e sua capacidade operacional (RIBEIRO et al., 2021). Spadoni (2019), ao avaliar propriedades físico-químicas e incompatibilidades de diversas caldas fitossanitárias, notou impactos negativos às características das misturas, além de perdas de estabilidade física, dependendo dos produtos envolvidos.

Os componentes das caldas podem interferir de diversas maneiras sobre a estabilidade da mistura, de acordo com seus grupos químicos, doses e formulações, alterando propriedades

físico-químicas das soluções, como o pH, a condutividade elétrica e a tensão superficial (RIBEIRO et al., 2021).

A condutividade elétrica refere-se à condução de corrente elétrica na solução de acordo com os solutos e suas concentrações. O pH, por sua vez, indica o grau de alcalinidade ou acidez de uma solução, em uma escala de 0 a 14. Já a tensão superficial, de acordo com as forças de ligação entre as moléculas envolvidas no líquido, impacta o ângulo de contato das gotas de pulverização sobre os alvos, consequentemente a distribuição de caldas sobre as plantas e pragas. O monitoramento destas características é importante para avaliar a estabilidade e solubilidade das caldas fitossanitárias (RIBEIRO et al., 2021).

Sobre o pH, é importante ressaltar que os produtos fitossanitários podem ser degradados, dependendo da faixa ideal de cada molécula, em meios excessivamente ácidos e/ou alcalinos. Mesmo assim, os fungicidas já são formulados para tolerar certas variabilidades no pH das misturas (ASSUNÇÃO et al., 2019; CUNHA et al., 2017; SANCHES et al., 2018).

Em relação às gotas de pulverização, de acordo com Gandolfo (2018), os espectros formados a partir das pulverizações de diferentes produtos fitossanitários também são influenciados pelas formulações dos ingredientes ativos, com prejuízos às coberturas dos alvos e possibilidade de perdas de calda conforme as características antagônicas dos produtos envolvidos.

Já sobre a capacidade de absorção da molécula fungicida pela planta, esta característica define a eficácia de controle, de acordo com o peso e o tamanho molecular do ingrediente ativo, a sua lipofilicidade, isto é, a afinidade pela camada cerosa do tecido vegetal, e a carga iônica dos produtos envolvidos nas misturas. Trata-se de um processo de difusão através da cera epicuticular, cutícula e membrana plasmática das células epidérmicas das folhas, no qual a lipofilicidade dos compostos é a propriedade mais importante do fungicida em relação à absorção foliar (NASCIMENTO et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

Dentre os fungicidas mais utilizados na cultura da soja, a classe das estrobilurinas se destaca devido a sua eficácia de controle e amplo espectro de ação, principalmente em misturas com triazóis, no manejo de doenças como a ferrugem asiática, mancha-parda, septoriose, oídio, antracnose, entre outras. Nesta classe, destaca-se o ingrediente ativo azoxistrobina, sendo este o 5º fungicida mais comercializado no mundo (AENDA, 2019).

Apesar de ser amplamente utilizada, a aplicação de azoxistrobina ainda carece de mais informações acerca de suas incompatibilidades, especialmente sobre a sua absorção por plantas de soja. Singh et al. (2010) classificaram a azoxistrobina como bastante estável em



água, com pouco efeito do pH da solução na vida útil desta molécula, porém este estudo não considerou a possibilidade de misturas envolvendo este fungicida, um fator fundamental para a sua estabilidade no tanque do pulverizador.

Inclusive, metodologias para detecção desta estrobilurina já foram utilizadas anteriormente, principalmente através de cromatografia, para verificar a permanência e vida útil da azoxistrobina em diferentes culturas. Sundravadana et al. (2008) e Silva (2013) utilizaram técnicas de cromatografia líquida para detectar a persistência em frutos de manga e plantas de soja, respectivamente. Já Abdelraheem et al. (2015) e Teló et al. (2017) utilizaram a cromatografia gasosa, a fim de detectar este ingrediente ativo em grãos de feijão-verde e arroz, respectivamente. Apesar desses estudos, não se avaliaram as influências das misturas sobre a absorção da azoxistrobina por plantas de soja através de cromatografia gasosa.

Gandini et al. (2020), ao revisarem diversos trabalhos sobre misturas em tanque envolvendo produtos fitossanitários, a fim de organizar casos de caldas sinérgicas e antagônicas, constataram a existência de estudos a respeito de efeitos antagônicos envolvendo misturas de azoxistrobina com os herbicidas 2,4-D e bromoxinil (KARKANIS et al., 2018). No entanto, não foi citado nenhum caso de mistura deste fungicida com o herbicida mais utilizado no Brasil, o glifosato.

A respeito das misturas dos fungicidas com os adjuvantes, muitas dessas já são recomendadas pelos fabricantes dos fitossanitários, almejando através destes aditivos um alcance mais eficiente dos alvos, com melhores absorções das moléculas pelas plantas (GALVÃO et al., 2021). Neste caso, já existem diversos trabalhos avaliando os impactos dos adjuvantes sobre as características físico-químicas das caldas fungicidas (ASSUNÇÃO et al., 2019; SPADONI, 2019), dos espectros de gotas resultantes (LANDIM, 2018; NASCIMENTO et al., 2018) e das absorções dos ingredientes ativos (SANTOS, 2016; SILVA, 2013), demonstrando a importância no monitoramento destes parâmetros a fim de comprovar a estabilidade das misturas.

Ao apresentarem folhas com características hidrofóbicas, as gotas de pulverização podem ter dificuldades em se aderirem as folhas das plantas, reduzindo ou impedindo a absorção dos fungicidas. Para amenizar este quadro, alguns adjuvantes capazes de reduzir a tensão superficial, espalhar a calda sobre a superfície hidrofóbica e quebrar a camada cerosa das plantas, podem aumentar a absorção dos fungicidas no tecido vegetal (ALVES et al., 2017; GALVÃO et al., 2021).

Assim, é importante compreender as influências das misturas fungicidas sobre a tecnologia de aplicação e a absorção da azoxistrobina em plantas de soja. O objetivo deste

trabalho foi analisar as características físico-químicas das misturas fungicidas, estudar os espectros de gotas formados a partir de suas pulverizações e avaliar a absorção de azoxistrobina, através de cromatografia gasosa, aplicada em plantas de soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em quatro etapas diferentes, nas quais quatro ensaios foram conduzidos durante os anos de 2020 e 2021, em estruturas da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus de Uberlândia, e da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Botucatu.

Os ensaios foram sobre diferentes caldas fungicidas, em sequência, para avaliar a estabilidade física das misturas, as características físico-químicas, os espectros de gotas formados nas pulverizações dessas misturas e entender a absorção dessas caldas por plantas de soja durante as aplicações.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Como tratamentos, isto é, misturas fitossanitárias, tem-se um fungicida utilizado de maneira isolada (T1), e depois variações de misturas envolvendo este mesmo fungicida (T2 a T5), simulando aplicações usualmente empregadas em lavouras de soja (Tabela 1).

**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos utilizados, envolvendo misturas fungicidas

Tratamento	Sigla	Mistura
T1	FG	Fungicida
T2	GL	Fungicida + Glifosato
T3	OM	Fungicida + Óleo Mineral
T4	AP	Fungicida + Ácido Propiônico
T5	OL	Fungicida + Óleo de Laranja

Fonte: Elaborada pelo autor.

Abaixo estão descritos todos os produtos utilizados nos ensaios, inclusive por já terem sido estudados nesta tese, em misturas no capítulo anterior, bem como os ingredientes ativos presentes e as doses utilizadas para compor as caldas (Tabela 2).

O fungicida escolhido foi o Priori Xtra®, devido a sua frequente utilização nos estádios vegetativos da soja pelos agricultores do Triângulo Mineiro, além de ser composto pela estrobilurina azoxistrobina para a qual já existe metodologia para absorção em tecidos vegetais. Dentre as fontes de glifosato, escolheu-se o Roundup Transorb®, pois este compõe misturas com riscos de incompatibilidades no Capítulo 2 desta tese, além de ser frequentemente aplicado em lavouras de soja RR. Já sobre os adjuvantes, os escolhidos foram o óleo mineral Iharol Gold®, o ácido propiônico Li700® e o óleo de laranja Orobor®,

também devido as suas frequências de utilização na sojicultura do Triângulo Mineiro e por já terem sido estudados no capítulo anterior nesta tese.

**Tabela 2** – Ingredientes ativos e doses dos produtos comerciais utilizados

Ingrediente Ativo	Produto comercial	Formulação	Dose (L ou kg ha <sup>-1</sup> )
azoxistrobina (200 g L <sup>-1</sup> ) + ciproconazol (80 g L <sup>-1</sup> )	Priori Xtra®	SC	0,30
sal de potássio (588 g L <sup>-1</sup> ) + equivalente ácido de glifosato (480 g L <sup>-1</sup> )	Roundup Transorb®	SL	3,00
óleo mineral (756,8 g L <sup>-1</sup> )	Iharol Gold®	EC	0,25
fosfatidilcolina + ácido propiônico (712,88 g L <sup>-1</sup> )	Li700®	EC	0,10
N (10,23 g L <sup>-1</sup> ) + B (2,05 g L <sup>-1</sup> ) – óleo essencial da casca de laranja	Orobor®	EC	0,15

Fonte: Elaborada pelo autor. SC: suspensão concentrada; SL: concentrado solúvel; EC: concentrado emulsionável.

Todas as caldas foram preparadas em concentrações para simular uma taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup>, a fim de simular aplicações corriqueiras do campo. Nos preparos das caldas, para o acréscimo dos produtos à água diluente, respeitou-se a ordem de mistura recomendada pela ABNT (2014), na qual, para formulações líquidas, acrescentaram-se em primeiro lugar os produtos de suspensão concentrada (SC), seguidos pelos concentrados solúveis (SL) e pelos concentrados emulsionáveis (EC).

### 2.1. Estabilidade física de calda

As avaliações de estabilidade físicas das caldas foram realizadas de acordo com as normas da ABNT (2014) NBR 13875, no Laboratório de Mecanização Agrícola, LAMEC, da UFU. Segundo a ABNT (2014), esta norma especifica a metodologia avaliativa da compatibilidade físico-química de produtos fitossanitários em misturas em tanque.

De início, prepararam-se as misturas em béqueres graduados de vidro de 1 L, com preenchimento primeiramente de 50% do seu volume com água para em seguida dosar os produtos. Esses foram dosados com pipetas graduadas e, após as suas dosagens, acrescentou-

se o restante de água suficiente para 1 L de cada uma das caldas. Essas caldas foram divididas em duas amostras de 0,25 L, ambas depositadas em provetas graduadas de vidro de 0,5 L, tampadas com papel filme. O restante da calda preparada foi reservado nos béqueres para as posteriores análises físico-químicas.

As provetas foram direcionadas para diferentes análises de estabilidade física: uma avaliação para caldas estabelecidas em repouso, sem agitação; e outra avaliação para caldas fitossanitárias estabelecidas com agitação. Para esta agitação, prévia a cada avaliação da mistura, inverteu-se a proveta com as mãos por dez vezes em movimento giratório de 180°, uma vez a cada 2 segundos, para obter boa homogeneização. Em seguida, retornou-se a proveta a sua posição inicial para avaliar-se visualmente a estabilidade das misturas.

As caldas foram avaliadas em quatro momentos diferentes: imediatamente após o preparo das misturas – 0 h; após duas horas decorridas do preparo – 2 h; após seis horas decorridas do preparo – 6 h; e após 24 horas decorridas do preparo – 24 h. Em cada um desses momentos, as caldas foram avaliadas visualmente, com e sem agitação, a fim de detectar a presença ou ausência de flocculação, sedimentação, separação de fases, formação de grumos, separação de óleo, formação de cristais e formação de creme. Além disso, avaliaram-se também para a presença de espuma.

Por fim, classificaram-se as caldas como: compatíveis, nas quais as misturas se mostraram homogêneas em todos os prazos de avaliação; compatíveis sob agitação, nas quais ocorreram heterogeneidade da mistura sem agitação; incompatíveis, nas quais ocorreram heterogeneidade em qualquer avaliação, mesmo com agitação.

## **2.2. Análises físico-químicas**

Também realizadas no LAMEC (UFU), de início para as análises físico-químicas, extraíram-se 0,4 L da calda, excedente nos béqueres de vidro graduados preparados na etapa anterior, e os dividiram em quatro balões volumétricos de 0,1 L cada um, a fim de compor as quatro repetições dos respectivos tratamentos.

Então, transferiram-se as amostras para béqueres de 0,1 L e, através de um peagâmetro e condutivímetro portátil, marca Akso® e modelo AK59, mediram-se o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica das caldas fitossanitárias ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Ressalta-se a calibragem prévia do equipamento por meio de soluções-padrão.

Para a determinação da tensão superficial das caldas ( $\text{mN m}^{-1}$ ), conforme metodologia Du Nouy (DOPIERALA; PROCHASKA, 2008) após calibração com água destilada, utilizou-

se um tensiômetro de bancada com anel de platina, marca Kruss® e modelo K6. Então, mediu-se a tensão sofrida por um anel na extremidade de uma haste flexível, sobre a superfície da amostra, tensionando-o até sofrer repulsão.

### 2.3. Espectros de gotas

No Laboratório de Máquinas para Pulverização, da UNESP-Botucatu, realizou-se a análise do espectro de gotas pulverizadas através de um analisador de partículas em tempo real por laser Sympatec HELOS/VARIO KF (Sympatec Inc., Clausthal Zellerfeld, Germany), com o equipamento ajustado com a lente R6, capaz de medir partículas de 9 a 1750  $\mu\text{m}$ . Este analisador consiste em um sensor de difração a laser, projetado para análises de tamanho de partículas com diâmetros entre 0,5  $\mu\text{m}$  a 3500  $\mu\text{m}$ .

Inicialmente, verificou-se o alinhamento do feixe óptico para garantir o seu correto posicionamento no sistema detector, corrigiram-se possíveis contaminações das lentes por partículas e procedeu-se à calibração do aparelho. A ponta de pulverização foi posicionada a 50 cm de altura em relação ao feixe de luz, em um sistema de deslocamento vertical, no qual se possibilita a movimentação do jato de pulverização, em sua totalidade, através do feixe de laser, sendo uma repetição por passada na zona de medição. Para todas as leituras do espectro, efetuaram-se quatro repetições.

A ponta de pulverização utilizada foi a TT110015, da Teejet®, caracterizada por pulverizar um jato plano por deflexão. Os ensaios foram realizados com pressão de trabalho de 200 kPa e vazão de 0,48 L min<sup>-1</sup>, a fim de simular uma aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup> com velocidade operacional de 3,6 km h<sup>-1</sup>.

Como amostra de calda para a pulverização, prepararam-se 4 litros de mistura para ser analisada, armazenadas em um reservatório de aço inox com capacidade para 11,3 L. A pressurização do sistema visando à pulverização foi realizada através de um compressor de ar.

As condições ambientais durante as aplicações foram: temperatura do ar entre 25,2°C e 26,4°C; umidade relativa do ar entre 64% e 82%; e ausência de ventos, pois as análises foram realizadas em uma sala fechada ao ambiente externo.

Avaliaram-se os seguintes parâmetros: o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), em  $\mu\text{m}$ , a amplitude relativa (AR) e a percentagem do volume de gotas pulverizadas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  ( $D_v < 100 \mu\text{m}$ ). A amplitude relativa (AR), por sua vez, foi determinada com a seguinte equação:

$$AR = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}}$$

Na qual,

AR: amplitude relativa;

Dv<sub>0,1</sub>: diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor;

Dv<sub>0,5</sub>: diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor;

Dv<sub>0,9</sub>: diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

#### **2.4. Absorção de azoxistrobina**

Para esta análise, inicialmente conduziu-se a instalação de vasos na Casa de Vegetação do Instituto de Ciências Agrárias, ICIAG, da UFU, onde também se aplicaram as misturas fungicidas sobre as plantas de soja. Após as aplicações, as amostras foram preparadas e armazenadas no LAMEC-UFU, para em seguida serem analisadas no Laboratório de Nanobiotecnologia do Instituto de Genética e Bioquímica, também da UFU.

Primeiramente, preparam-se os vasos com solo peneirado adequadamente para se obter uniformidade de granulometria, através de uma peneira malha de 4 mm. Este solo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999), foi misturado na proporção de 3:1 com areia, isto é, a cada três partes do solo, misturou-se uma parte de areia, para ser depositada nos vasos. Além disso, acrescentaram-se 17,69 g de calcário por vaso, simulando-se as condições de campo. Toda esta mistura foi realizada através de uma betoneira. Considerou-se a densidade de 1,3 kg de solo L<sup>-1</sup> e colocaram-se 10,4 kg de solo em vasos de 8 L. Cada vaso representou uma repetição, sendo necessário vinte vasos para totalizar as parcelas experimentais.

Para a adubação de sementeira, a uma profundidade de 10 cm, aplicaram-se em cada vaso: 20,4 g de fósforo; 0,9 g de nitrogênio e 0,7 g de potássio. Já em cobertura, aos 21 e 35 dias após a sementeira, aplicaram-se 0,7 g de cloreto de potássio e 0,9 g de ureia, por vaso.

Distribuíram-se 8 sementes por vaso, da variedade BMX Foco RR, com desbaste de quatro plantas 15 dias após a emergência das mesmas. Os vasos foram mantidos na casa de

vegetação sendo irrigados uniformemente três vezes ao dia até o momento das aplicações no estágio reprodutivo R1.

Para as aplicações das caldas fungicidas, utilizou-se um pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, na velocidade de trabalho de 3,6 km h<sup>-1</sup>, com uma taxa de aplicação de 160 L ha<sup>-1</sup>, através das pontas de pulverização TT110015 espaçadas entre si por 50 cm, com uma pressão de trabalho de 200 kPa e vazão de 0,48 L min<sup>-1</sup>.

Durante as aplicações, as condições ambientais foram monitoradas através de um termo-higro-anemômetro digital, marca Kestrel® e modelo 4000, com temperatura mínima de 22,3°C e máxima de 29,7°C, umidade relativa do ar entre 39,4% e 72,3% e ventos com velocidades entre 2,1 e 5,4 km h<sup>-1</sup>.

Para receber as aplicações das caldas fungicidas, cada parcela experimental, isto é, as plantas dentro dos vasos, dispostos espaçados entre si por 50 cm, foram envolvidas por sacos plásticos e lacrados com fitas, sendo expostas somente as folhas direcionadas para as coletas e análises posteriores, de acordo com os respectivos tempos de avaliação. Como foram três tempos de coletas, expuseram-se três folhas por parcela, para receberem a aplicação da calda fungicida (Figura 1).

**Figura 1** – A) Detalhe das parcelas experimentais, compostas por quatro plantas como repetições, e B) de cada planta envolvida por saco plástico, com exposição das três folhas para amostragem.



Fonte: Imagens do próprio autor.

As folhas expostas as pulverizações foram marcadas com fitas adesivas vermelha e fixadas em posição horizontal durante a aplicação, com o auxílio de hastes de metal com um suporte plano e prendedores, para evitar escorrimento da calda. Utilizou-se plástico filme nos



suportes de metal, em cada tratamento aplicado, para evitar contaminações entre as misturas fungicidas. Escolheram-se aleatoriamente folhas nos terços superiores das plantas para receberem as gotas de pulverização.

Sobre estas três folhas, estabeleceram-se três tempos de coletas das amostras: 0 h, 2 h e 48 h após as aplicações. Após as pulverizações, cortaram-se os sacos plásticos e descobriram-se as plantas, bem como coletaram-se as amostras de 0 h. Os demais vasos foram armazenados novamente na casa de vegetação para as plantas não sofrerem nenhum estresse fisiológico. As demais amostras foram coletadas nos tempos pré-estabelecidos de 2 h e 48 h após as aplicações. As folhas coletadas foram armazenadas em sacos plásticos e levadas ao LAMEC para lavagem.

Lavaram-se as folhas com 100 mL de água destilada durante 1 minuto. Neste momento, separaram-se as amostras em: a) folha lavada; b) água de lavagem. Estas duas subamostras de cada parcela foram armazenadas em freezer a  $-80^{\circ}\text{C}$  até a data dos seus processamentos.

Conforme adaptado de Abdelraheem et al. (2015) e Silva (2013), depois de descongeladas em temperatura ambiente, maceraram-se as folhas com nitrogênio líquido, para serem pesados 100 mg da amostra fresca em balança analítica e acondicionadas em tubos “falcon” de 15 mL de capacidade. A metodologia de extração foi em 40 mL de etanol para 10 mL de água Milli-Q (80:20), para a qual, da solução produzida, extraiu-se 10 mL armazenados novamente em “falcon”. Estas soluções foram levadas a um sistema de ultrassom da marca Branson®, modelo 5210, durante 30 minutos, e centrifugados em seguida a uma rotação de 4500 rpm, durante 5 minutos a  $20^{\circ}\text{C}$ , em uma centrífuga da marca Thermo Scientific®, modelo Megafuge 16R. Adicionaram-se as amostras nos falcons,  $1,77\text{ mg L}^{-1}$  de trifetil fosfato (TPP) para servirem de padrão interno no cromatógrafo gasoso. Ao final, passaram-se as amostras por um concentrador de amostras speed vac da marca Genevac® modelo miVac.

As análises para determinar a quantidade da mistura fungicida nas amostras ocorreram através da determinação da concentração da azoxistrobina (estrobilurina presente na calda) nas mesmas, por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS), por meio de um instrumento da Agilent Technologies, modelo 7890B GC System/5977B GC/MSD com coluna cromatográfica capilar Agilent 19091S-433 HP-5ms (30 m x  $250\text{ }\mu\text{m}$  x  $0,25\text{ }\mu\text{m}$ ), ilustrado na Figura 2. As condições cromatográficas empregadas de temperatura do injetor foram de  $290\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O gás de arraste foi hélio de alta pureza a uma taxa de fluxo constante de  $1,0\text{ mL min}^{-1}$ . Foram feitas injeções de  $4\text{ }\mu\text{L}$ . O modo Scan (MS) foi

varrido de  $m/z$  35–550, com uma contagem de 150 limiar e atraso de solvente de 1 min. O quadrupolo foi mantido a 150 °C com a fonte de íons a 240 °C.

**Figura 2** – Equipamento utilizado para realização da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS).



Fonte: Imagens do próprio autor.

A metodologia de análise utilizada para a GC/MS foi o de monitoramento *Scan* (todos os íons presentes) e o modo de monitoramento de íon selecionado (SIM), onde os íons são selecionados pelo operador para cada composto de acordo com o tempo de retenção. Esses dois métodos em conjunto são fundamentais para a identificação, gerando dados de detecção e quantificação mais precisos (ABDELRAHEEM et al., 2015; SILVA, 2013).

Previamente as leituras das amostras, estabeleceu-se uma curva de calibração para a azoxistrobina através de uma amostra pura da mesma, obtida da empresa Sigma Aldrich®, em solução com o TPP. A curva analítica compreendeu a faixa de 200 a 10000  $\mu\text{g L}^{-1}$ , e o padrão interno TPP, obtido da empresa Aldrich Chemistry®, na concentração de 2000  $\mu\text{g L}^{-1}$ . A

curva de calibração obtida está descrita na equação 2, com um coeficiente de correlação de 99,39%:

$$y = 0,353923x + 0,061124$$

Na qual,

y: concentração de azoxistrobina nas amostras ( $\mu\text{g L}^{-1}$ );

x: área determinada no gráfico obtido pela cromatografia, a partir do tempo de retenção da azoxistrobina, que foi de 28,8 min.

Com as concentrações de azoxistrobina determinadas em todas as amostras, calcularam-se os percentuais desta estrobilurina absorvida pelas folhas de soja, de acordo com a equação 3, adaptada de Silva (2013):

$$QA = \frac{QF}{(QF + QL)} \times 100$$

Na qual,

QA: quantidade de azoxistrobina absorvida pela folha (%);

QF: quantidade de azoxistrobina detectada na amostra de folha lavada ( $\mu\text{g L}^{-1}$ );

QL: quantidade de azoxistrobina detectada na amostra de água de lavagem ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

Na equação 3, enquanto  $QF + QL$  representa a quantidade total de azoxistrobina aplicada na folha ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), QF representa apenas a quantidade deste ingrediente ativo detectada nas amostras de folhas maceradas ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e QL representa apenas a quantidade detectada na água de lavagem ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), isto é, a azoxistrobina depositado na superfície e ainda não absorvida pela folha. QA, por sua vez, é a quantidade absorvida (%) pela folha de soja, ou seja, a porcentagem de azoxistrobina no interior da folha, descontada do total aplicado deste ativo, detectado na superfície da folha (água de lavagem) e ainda não absorvido.

## 2.5. Análises estatísticas

Para todas as análises estatísticas, utilizou-se o software R v3.6.1 (R CORE TEAM, 2019). Os dados foram submetidos aos testes de pressuposições, suas normalidades de

Shapiro-Wilk e de Kolmogorov-Smirnov, e homogeneidades das variâncias de Levene, ambos a 0,01 de significância. Nos casos de pressuposições não atendidas, transformaram-se os dados em  $\sqrt{x}$  para submissão de nova análise. Se esta transformação corrigiu esta pressuposição, sem prejudicar as demais, utilizaram-se os dados transformados para a análise de variância (SOKAL; ROHLF, 1995; STEEL; TORRIE, 1980). Após as análises das pressuposições, submeteram-se os dados às análises de variâncias e, se pertinente, realizaram-se testes de médias, com comparações por Tukey a 0,05 de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Estabilidade física de calda

Em relação à estabilidade física das caldas, foi possível observar instabilidades físicas ocorridas em formas de sedimentação nos tratamentos FG e GL, além da formação de cristais, desde o início do experimento, na presença de AP. Apesar destas instabilidades, todas as caldas retornaram à sua estabilidade física após agitações, em todos os tempos de avaliações. Destaca-se também a presença constata de espuma ao agitar-se a calda formada a partir da mistura do fungicida com o glifosato (GL). Por isso, todas as caldas foram consideradas como compatíveis fisicamente (Tabela 3).

**Tabela 3** – Estabilidade física das caldas fungicidas, em diferentes tempos de observação: fungicida (FG), fungicida + glifosato (GL), fungicida + óleo mineral (OM), fungicida + ácido propiônico (AP), fungicida + óleo de laranja (OL)

Caldas	Tempo (horas)				Compatibilidade
	0	2	6	24	
FG	-	-	-	+	Compatível, sob agitação
GL*	-	-	+	+	Compatível, sob agitação
OM	-	-	-	+	Compatível, sob agitação
AP	+	+	+	+	Compatível, sob agitação
OL	-	-	-	+	Compatível, sob agitação

Fonte: Elaborada pelo autor. (-) Estabilidade física da calda. (+) Instabilidade física da calda. \*após agitação, houve presença de espuma.

Apesar deste ensaio indicar compatibilidade de todas as misturas estudadas, ressalta-se a necessidade de agitação das mesmas, principalmente com o decorrer do tempo após o preparo, provavelmente porque o repouso das caldas provoca a sedimentação dos componentes das misturas. Se esta situação for replicada para o tanque de pulverização, a falta de agitação ou ainda a agitação ineficaz pode comprometer a estabilidade dessas caldas.

Sobre a importância da agitação das caldas fitossanitárias para a manutenção de sua estabilidade, Oliveira Jr. et al. (2021), descreveram a importância das misturas em tanque para o manejo químico das lavouras, colocaram a agitação das caldas como um dos principais fatores de interferência na qualidade das soluções formadas, juntamente com as formulações dos produtos, a sequência de adição dos mesmos na calda, as técnicas de preparo e abastecimento do pulverizador e os tempos prévios de armazenamentos até a aplicação.

Martini et al. (2019), ao avaliarem o estado de conservação de pulverizadores agrícolas para proporem melhorias a estes equipamentos, constataram problemas de agitação

nas caldas em 69,64% das máquinas inspecionadas, com sérios riscos de instabilidades às misturas de produtos em tanque. Para estes autores, o funcionamento ineficiente do agitador de calda no pulverizador pode acarretar em obstrução dos elementos filtrantes e das pontas de pulverização.

Foi possível notar também ocorrências de instabilidades mais precoces nas caldas GL e AP, com sedimentação e formação de cristais, respectivamente, esta última inclusive desde o início do preparo da solução. Este fato pode estar relacionado possivelmente com características físico-químicas, ou até mesmo com a composição e formulação dos produtos, apesar de não inviabilizarem as aplicações destas caldas.

Tanto é importante a formulação dos produtos fitossanitários na estabilidade das caldas que Moraes et al. (2018), em pesquisa sobre duas formulações de glifosato (SL e WG) em misturas com os fungicidas trifloxistrobina + ciproconazol e fluazinam, e o inseticida deltametrina, também constataram diferenças de estabilidade entre as caldas devido ao glifosato. Esses autores, verificaram incompatibilidades do glifosato SL, o mesmo estudado no presente trabalho, quando em mistura com os fungicidas, impossibilitando a aplicação.

Outro fato importante a se citar sobre a estabilidade das caldas estudadas é a presença de espuma na calda GL, uma dificuldade ao preparo e aplicação da calda, pois pode provocar perdas de ingrediente ativo para o ambiente e subestimar a quantidade de solução no interior do tanque de pulverização. Apesar disso, ferramentas como adjuvantes redutores de espuma e técnicas criteriosas de preparo de calda podem viabilizar a sua aplicação.

De maneira semelhante ao presente trabalho, Avila Neto (2021), ao estudar misturas entre herbicidas (auxínicos, glifosato e graminicidas), fungicidas (trifloxistrobina + prothioconazol, azoxistrobina + benzovindiflupir e mancozebe) e inseticidas (clorantroliprole e tiametoxam + lambda-cialotrina) na compatibilidade físico-químico de caldas, espectros de gotas, usos de adjuvantes e eficácia de controle de plantas daninhas latifoliadas, apesar de não verificar instabilidades físicas, observaram-se presenças de espuma como problemas comuns às misturas envolvendo formulações de glifosato durante as suas agitações e preparo.

### **3.2. Análises físico-químicas**

Sobre as propriedades físico-químicas das caldas, o glifosato e o ácido propiônico se mostraram agentes acidificantes nas caldas GL e AP, as únicas na faixa de pH ácido, 3,30 e 4,07 respectivamente. Em contrapartida, as caldas formadas a partir de misturas com os adjuvantes oleosos, OM e OL, não apresentaram potencial hidrogeniônico fora da faixa neutra

alcalina (Tabela 4). Apesar desta variável ser relacionada muitas vezes com incompatibilidades físicas de caldas fitossanitárias, este fato não se confirmou neste trabalho, pois ambas as caldas, tanto as ácidas quanto as neutras alcalinas se mostraram estáveis fisicamente (Tabela 3).

**Tabela 4** – Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e tensão superficial de diferentes caldas fungicidas em mistura com glifosato ou adjuvantes: fungicida (FG), fungicida + glifosato (GL), fungicida + óleo mineral (OM), fungicida + ácido propiônico (AP), fungicida + óleo de laranja (OL)

Caldas	pH	Cond. Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Tensão superficial ( $\text{mN m}^{-1}$ )
FG	8,22 a	69,50 d	46,97 a
GL	3,30 d	1970,00 a	45,89 a
OM	7,57 b	79,50 d	42,02 b
AP	4,07 c	132,25 b	41,35 b
OL	7,50 b	105,00 c	40,44 b
Fc	1692,00*	32557,00*	31,79*
W	<b>0,96</b>	<b>0,93</b>	<b>0,97</b>
F <sub>Levene</sub>	<b>0,90</b>	<b>1,43</b>	3,23
C.V. (%)	1,80	1,97	2,38

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Fc; W; F<sub>Levene</sub>: valor de F calculado; estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01. \*significativo a 0,01.

Ainda há a possibilidade de incompatibilidades químicas, pois os fungicidas são caracterizados como moléculas de pH neutro a alcalino e, em faixas de pH ácido, existem riscos de comprometimento a vida útil de suas moléculas. Avila Neto (2021) considera o pH como determinante para a eficácia do controle químico, devendo ser priorizado durante o preparo das caldas, pois pode ser alterado durante a junção dos produtos fitossanitários e outros componentes das misturas. Para este autor, esta variável influencia na degradação do produto por hidrólise, além de alterar a dissociação e absorção pelas plantas, tornando-a mais ou menos lipofílica e afetando sua penetração através da cutícula cerosa das plantas. Neste sentido, Avila Neto (2021) constatou em seu trabalho o pH para as soluções de fungicidas variando entre 5,9 e 6,5.

Já em relação às misturas envolvendo herbicidas, Mueller e Steckel (2019) ao examinarem composições de herbicidas, dentre eles o dicamba e o glifosato, em misturas com adjuvantes, em pH inicial de água variando entre 4,6 e 8,4, relataram aumentos de volatilização do auxínico em pH de mistura abaixo de 5,0. No entanto, Devkota e Johnson

(2019) ao avaliarem efeitos de pH de caldas compostas por fertilizantes foliares em misturas com 2,4-D e glifosato, demonstraram perdas de eficácia do glifosato em faixas alcalinas.

Em trabalho a respeito de compatibilidades físico-químicas de caldas fungicidas e adjuvantes, no qual avaliaram os produtos azoxistrobina + mancozebe, trifloxistrobina + protioconazol e piraclostrobina + fluxapirroxade, em misturas com óleos minerais e vegetais, além de surfactantes redutores de pH, Ribeiro et al. (2021) defenderam haver diferentes faixas de pHs ideais para as melhores eficácias dos produtos fitossanitários. Para esses autores, os melhores desempenhos se dão nas faixas pouco ácidas de 6,0 a 6,5, apesar de exceções como no caso específico do glifosato, com faixas ideais ainda mais ácidas. No entanto, quando ocorre a acidificação demasiada nas misturas fungicidas, de acordo com Ribeiro et al. (2021), corre-se o risco de redução nas ações fungitóxicas devido a degradação de moléculas e formação de precipitados.

Porém, como a maioria dos produtos fitossanitários não são tão afetados pela acidez como o são pela alcalinidade, em grande parte das situações de preparo das caldas buscam-se abaixar o pH das misturas (RIBEIRO et al., 2021), especialmente por meio dos adjuvantes redutores de pH. Há a possibilidade de equívoco, pois cada produto fitossanitário é formulado em sua própria faixa de pH, com garantias de estabilidade em prateleira dentro do seu período de validade, sem prejuízos à sua eficácia. Alterações exageradas na faixa de pH de formulação dos fitossanitários, devido às junções de componentes nas misturas em tanques, podem ser relacionadas a perdas de eficácia e instabilidades físicas.

Cunha et al. (2017), em trabalho para avaliar o comportamento da associação de produtos fitossanitários e adjuvantes, dentre eles o fungicida azoxistrobina e o ácido propiônico, os quais defenderam a não generalização dos efeitos do pH, especialmente a respeito dos adjuvantes, sem considerar os outros produtos envolvidos e suas interações nas caldas fitossanitárias. Estes autores também constataram um poder de acidificação das caldas fungicidas por parte do ácido propiônico.

Para a condutividade elétrica, a calda GL também se diferenciou mais em comparação a FG, com cerca de 28 vezes a mais em capacidade de conduzir eletricidade, se comparado ao fungicida sozinho. Em seguida, a calda AP apresentou cerca de 2 vezes mais capacidade nesta variável. Este fato pode ser relacionado ao potencial hidrogeniônico, afinal as caldas de menores pH apresentaram a maior condutividade elétrica. Provavelmente, a presença de sais e íons na composição do herbicida e do adjuvante, estimulam o aumento desta variável.

Assunção et al. (2019) ao avaliarem características físicas e químicas do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, do herbicida glifosato em sal de amônio e do inseticida



fenpropatrina, em misturas com os adjuvantes óleo mineral, surfactante siliconado e com ácido propiônico, relacionaram reduções do pH das misturas com aumentos da condutividade elétrica, conforme constatado no presente trabalho, e o ácido propiônico foi o maior responsável por estas alterações.

Todos os adjuvantes reduziram a tensão superficial, sem ocorrerem diferenças entre as caldas OM, AP e OL, mostrando maior poder de quebra da tensão em comparação a FG e GL. Apesar de todos os produtos estudados já conterem aditivos em suas formulações, as misturas envolvendo os óleos e o ácido propiônico proporcionaram maiores reduções, podendo indicar melhores possibilidades de coberturas de alvos.

Zheng et al. (2021), em estudos para elevar deposição de gotas de pulverização sobre superfícies foliares, através da adição de adjuvantes tensoativos a base de óleo mineral e óleo vegetal, verificaram efeitos umectantes e espalhantes sobre as gotas aplicadas destas misturas, ou seja, gotas com maiores vidas úteis quanto a evaporação, com espectros mais uniformes e de maior interação com a superfície das folhas. Essa maior interação se dá devido à quebra da tensão superficial da calda, ao permitir menor ângulo de contato com a folha e maior espalhamento sobre a mesma.

Apesar destes possíveis efeitos positivos dos adjuvantes tensoativos sobre a distribuição das misturas sobre os alvos, é necessário ressaltar os riscos de perdas por escorrimento das caldas com quebras excessivas da tensão superficial, especialmente com a prática de altas taxas de aplicação e em culturas com folhas de difícil aderência.

Cação et al. (2019), em estudos de diferentes adjuvantes agrícolas, inclusive um óleo mineral e o ácido propiônico, entre outros, e a retenção das gotas formadas a partir de suas pulverizações em folhas da cultura do café, notaram a redução da tensão superficial da calda com todos os adjuvantes avaliados e o óleo mineral foi mais tensoativo que o ácido propiônico, em contrapartida ao presente trabalho, no qual estes adjuvantes se equivaleram quanto ao poder tensoativo. Para estes autores, há uma correlação positiva entre a quebra da tensão superficial das misturas e a queda da retenção da gota sobre as folhas. Esta redução na retenção da calda se dá quando a quebra da tensão atinge um limite, chamado pelos autores de ponto de escoamento, a partir do qual o espalhamento ocorre de maneira excessiva implicando em escorrimento e perdas de calda.

Owen (2021), ao escrever uma revisão literária sobre as características dos surfactantes a base de silicone, atribui aos adjuvantes uma natureza hidrofóbica, responsável pelo comportamento de quebra de tensão superficial e aumento dos ângulos de contatos das gotas. Apesar do presente trabalho não estudar adjuvantes siliconados, estas características

também são válidas para os óleos e o ácido propiônico, pois estes compuseram misturas fungicidas com tensões muito menores do que a da água pura.

### 3.3. Espectros de gotas

É possível notar uma diminuição dos diâmetros das gotas nas misturas do fungicida com o ácido propiônico, com DMV de 237,69  $\mu\text{m}$ , seguido pelo glifosato com DMV de 243,53  $\mu\text{m}$ . Por outro lado, os óleos não foram capazes de alterar os DMVs em comparação à calda composta apenas pelo fungicida (Tabela 5). Apesar destas diferenças, considerando a norma ASABE S572.2 para classificação de gotas de pulverização (ASABE, 2018), todos os espectros produzidos, independente da calda em questão, enquadraram-se na faixa de gotas médias.

**Tabela 5** – Diâmetro da mediana volumétrica (DMV,  $\mu\text{m}$ ), amplitude relativa (AR) e porcentagem do volume de gotas pulverizadas com diâmetros menores do que 100  $\mu\text{m}$  ( $D_v < 100 \mu\text{m}$ ) em função da composição da mistura fungicida. Fungicida (FG), fungicida + glifosato (GL), fungicida + óleo mineral (OM), fungicida + ácido propiônico (AP), fungicida + óleo de laranja (OL)

Caldas	DMV ( $\mu\text{m}$ )	AR	$D_v < 100 \mu\text{m}$ (%)
FG	263,81 c	1,47 b	7,49 b
GL	243,53 b	1,54 b	9,56 a
OM	250,66 bc	1,46 b	7,84 ab
AP	237,69 a	1,32 a	8,24 ab
OL	266,78 c	1,50 b	7,65 ab
Fc	33,55*	6,64*	3,30*
W	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>
F <sub>Levene</sub>	<b>1,31</b>	<b>0,84</b>	<b>0,14</b>
C.V. (%)	1,72	4,47	11,23

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Fc; W; F<sub>Levene</sub>: valor de F calculado; estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01. \*significativo a 0,01.

É importante ressaltar a relevância do DMV a respeito da superfície de contato das gotas de pulverização sobre os alvos, afinal espectros de gotas com menores DMVs tendem a proporcionar melhores coberturas sobre as superfícies. No entanto, as reduções de DMV podem representar também aumentos de riscos de perdas de caldas, principalmente por deriva e evaporação. Por outro lado, espectros de gotas com valores altos de DMV, além de tenderem a piores superfícies de contato sobre os alvos, também podem representar riscos de

perdas por escorrimento. As práticas criteriosas de misturas em tanque devem se preocupar com os efeitos interativos entre produtos tanto para melhorar a eficiência de coberturas sobre os alvos, quanto para evitar perdas de calda para o ambiente.

Kooij et al. (2018), em estudos sobre pontas de pulverização, pressões de trabalho e caldas aplicadas, determinantes ao DMV das gotas pulverizadas em laboratório através de análises de espectro de gotas, viscosidade e tensão superficial, constataram a interação destes parâmetros para resultar as características do espectro. Para estes autores, as características tensoativas das caldas relacionam-se aos espectros de gotas, porém os outros parâmetros da tecnologia de aplicação como a ponta de pulverização e a pressão de trabalho, também interferem no DMV.

A respeito da importância do espectro de gotas sobre a eficiência das aplicações do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir na cultura da soja, Roehrig et al. (2018) ao estudarem efeitos de adjuvantes tensoativos, um óleo mineral e uma mistura de óleo mineral com um surfactante siliconado, e reduções de taxas de aplicação, entre 40 e 160 L ha<sup>-1</sup>, defenderam os tensoativos como os principais atuantes na cobertura da superfície foliar e na penetração das gotas de pulverização no dossel da cultura, de maneira aliada a taxa de aplicação. Para esses autores, o manejo de doenças na soja é afetado positivamente pelos adjuvantes tensoativos, pois os fungicidas aplicados têm baixos índices de translocação nas plantas e precisam de eficiente distribuição de gotas e cobertura dos alvos. De acordo com estes autores, os adjuvantes possibilitam a produção de espectros de gotas mais uniformes, com DMVs favoráveis a maiores superfícies de contato e menores riscos de perdas.

Sobre a amplitude relativa, isto é, variações entre os diâmetros das gotas, o espectro com maior uniformidade em sua população foi encontrado nas aplicações da mistura entre o fungicida e o ácido propiônico, sendo somente este produto capaz de alterar esta variável em comparação ao fungicida utilizado individualmente.

Ao estudar os comportamentos de caldas contendo os herbicidas glifosato e 2,4-D, isolados ou em mistura, com adição ou não de adjuvantes, aplicadas por pontas hidráulicas de jato plano com e sem indução de ar, Queiroz (2018) notou diferenças quanto à amplitude relativa dos espectros para alguns dos aditivos utilizados, de modo que algumas misturas não resultaram em espectros mais uniformes, conforme visto no presente trabalho. Para este autor, a redução da AR é preferível pois indica maior uniformidade no espectro entre as gotas pulverizadas, além da tendência em menores riscos potenciais de deriva, devido à redução do percentual de gotas menores que o DMV.

Neste ensaio, o ácido propiônico foi o único adjuvante responsável pela redução de AR. Landim et al. (2019) também detectaram reduções deste parâmetro com a utilização deste adjuvante, sendo ele e o lauril éter os maiores responsáveis por uniformizar os espectros de gotas em pulverizações do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir.

Em relação a  $D_v < 100 \mu\text{m}$ , indicativa de riscos de perdas por deriva, as caldas obtidas através das misturas com os adjuvantes não conseguiram se diferenciar em relação à calda exclusiva de fungicida. Somente a calda GL mostrou diferenças nesta variável em relação a FG, neste caso com maiores possibilidades de perdas de gotas por deriva, provavelmente pela falta de um adjuvante para elevar o DMV e reduzir a AR, a fim de proporcionar diâmetros mais seguros e espectros mais uniformes.

Em relação à redução dos diâmetros das gotas, Sijs e Bonn (2020) em estudos sobre adjuvantes agrícolas, e suas influências nos espectros de gotas em pulverizações com pontas de jato leque simples e cone vazio, constataram reduções nos DMVs das gotas produzidas, inclusive com a adição de óleo de laranja. No entanto, estes autores não conseguiram prever os efeitos de cada um dos adjuvantes em relação ao espectro, pois é necessário considerar para isso, além do adjuvante, o tipo da ponta de pulverização escolhida, a densidade da mistura fitossanitária, a pressão de trabalho e a tensão superficial da calda de acordo com a concentração e o tipo de adjuvante.

Apesar destes resultados poderem ser relacionados a eventuais riscos de perdas por deriva e evaporação, a redução do DMV também pode ser entendida como uma melhoria na superfície de contato das gotas, com maiores distribuições destas sobre os alvos. Por isso, ressalta-se o espectro produzido através da aplicação da calda AP (fungicida + ácido propiônico), na qual também há a presença da fosfatidilcolina, uma lecitina oriunda de grãos de soja. Essa mistura gerou o menor DMV, não refletido em uma maior quantidade de gotas propensas a se perderem por deriva ( $DV < 100 \mu\text{m}$ ), isto é, gotas com maiores superfícies de contato e sujeitas a melhores coberturas de alvos, devido ao menor AR e melhor uniformidade entre a população de gotas (Tabela 5).

### **3.4. Absorção de azoxistrobina**

Os melhores resultados foram alcançados por meio das misturas com adjuvantes, com absorções médias variando entre 55,46% a 55,76%. A calda com adição de glifosato resultou na menor porcentagem de azoxistrobina no interior das folhas, com média de 36,97%. Não houve interação do fator tempo e as diferentes caldas (Tabela 6).

Independente da mistura pulverizada nota-se um tempo de 2 horas para a planta absorver em média 72,58% da calda aplicada inicialmente. Após 48 horas esta porcentagem se elevou para 78,25%, demonstrando maior absorção das caldas fungicidas nas primeiras duas horas após as aplicações.

**Tabela 6** – Absorção de azoxistrobina (%), aplicada com diferentes caldas fitossanitárias, avaliada ao decorrer do tempo após a aplicação (horas A.A.), em folhas de soja. Fungicida (FG), fungicida + glifosato (GL), fungicida + óleo mineral (OM), fungicida + ácido propiônico (AP), fungicida + óleo de laranja (OL)

Caldas	Tempo (horas A. A.)			Média
	0 h	2 h	48 h	
FG	0	67,05	78,38	48,48 ab
GL	0	58,94	51,97	36,97 b
OM	0	78,91	88,23	55,71 a
AP	0	75,66	88,62	54,76 a
OL	0	82,31	84,08	55,46 a
Média	0,00 B	72,58 A	78,25 A	

$F_{\text{Calda}} = 5,16^*$ ;  $F_{\text{Tempo}} = 255,23^*$ ;  $F_{\text{Calda} \times \text{Tempo}} = 1,75^{\text{ns}}$   
 $W = 0,74$ ;  $F_{\text{Levene}} = 7,43$   
 C.V. (%) = 24,29

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey a 0,05. Fc: valor de F calculado; W;  $F_{\text{Levene}}$ : estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. \*significativo a 0,01. <sup>ns</sup>não significativo.

Como não ocorreram incompatibilidades de misturas comprovadas neste trabalho (Tabela 3), é possível explicar estes resultados estabelecendo relações entre os ensaios realizados (Tabela 6 com as Tabelas 4 e 5). Primeiramente porque a calda GL com o menor pH de todas, fora da faixa normal para os fungicidas, isto é, uma calda extremamente ácida, também como a calda com a menor porcentagem de absorção dentre as avaliadas. Outro fato possível de relação com este resultado está na alta condutividade elétrica da calda GL, superior as demais, o que pode ter sido impactante sobre a absorção desta calda.

Bencic (2018), ao estudar a influência das mudanças de pHs em mistura dos fungicidas cimoxanil + mancozebe, com o inseticida alfa-cipermetrina e fertilizantes foliares, em relação a eficácia de controle de um complexo de doenças na cultura do trigo, verificou redução de pH em todas as caldas se comparadas com a água, inicialmente em pH 7,27. Para estas misturas a faixa de pH foi entre 6,70 e 6,90, na qual todos os tratamentos apresentaram eficácias satisfatórias, segundo estes autores.

Em relação às formulações de óleos, OM e OL, estas apresentaram capacidade de quebra de tensão superficial, estimulando espalhamentos sobre as folhas, favorecendo a

absorção das caldas, além de não terem reduzido o pH da mistura e elevado a condutividade elétrica. Outra possibilidade também é em relação à quebra da camada cerosa da folha de soja, facilitando a absorção das caldas fungicidas.

Em estudo similar ao presente trabalho, Silva (2013) caracterizou a funcionalidade de adjuvantes, dentre eles dois surfactantes multifuncionais sintéticos, um óleo mineral e um óleo vegetal, na qualidade da aplicação e na retenção e translocação do fungicida azoxistrobina na cultura da soja, avaliando os espectros de gotas, a tensão superficial e, através de cromatografia líquida, a absorção destas misturas pelas plantas. Esse autor constatou o melhor resultado de retenção do fungicida a partir da mistura com o óleo mineral, especialmente nas primeiras duas horas após as aplicações. Decorrido este tempo, os outros adjuvantes igualaram seus desempenhos neste aspecto, todos sendo superiores a calda sem aditivos.

Dario (2019) avaliou a interação de adjuvantes (um surfactante não iônico e outros dois óleos vegetais) e fungicidas (epoxiconazol + cresoxim-metílico) na cultura do arroz irrigado em diferentes taxas de aplicação (10 L ha<sup>-1</sup> em aplicação aérea e 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> em aplicações terrestres) sobre a eficácia de controle de doenças, estabilidade das caldas e absorção pelos tecidos vegetais. Esse autor constatou aumentos nas penetrações foliares dos ingredientes ativos através do uso dos adjuvantes, devido a promoção de menores ângulos de contato com a superfície das folhas e maiores depósitos de gotas sobre os alvos. Além disso, Dario (2019), nas aplicações com adjuvantes, verificou redução de riscos de deriva, quebra de tensão superficial das misturas, reduções nos ângulos de contato e aumentos nos índices de cobertura das folhas devido ao espalhamento das caldas sobre os alvos.

Dario (2019) também verificou melhorias sobre a absorção das caldas fungicidas quando utilizados os adjuvantes, em comparação ao fungicida aplicado sozinho, pois, especialmente os óleos, facilitam a penetração no tecido vegetal por promoverem interação das gotas com a superfície foliar.

Sobre AP, apesar de ter apresentado um valor menor de pH devido à presença do ácido propiônico, a condutividade elétrica não foi tão alta quanto a de GL. Outro fator importante a favor desta calda foi o comportamento do adjuvante sobre a tensão superficial e o espectro de gotas, afinal AP se mostrou tensoativo, em favor de melhor espalhamento da calda sobre os alvos, além de ter proporcionado um DMV com maior superfície de contato, um espectro de gotas mais uniforme e menores riscos de perdas de gotas por deriva. Vale ressaltar também a presença da lecitina fosfatidilcolina, interagindo com o ácido propiônico na composição de AP, ambos influentes na absorção desta calda.

Galvão et al. (2021) ao avaliarem eficácia de controle de doenças em soja promovida por misturas contendo trifloxistrobina + proclorazolo e os adjuvantes óleo mineral alifático, óleo vegetal éster, óleo de laranja, óleo mineral parafínico, ácido fúlvico e óleo vegetal caseiro, verificaram melhores resultados com os adjuvantes a base de óleos, tanto vegetal quanto mineral. Para esses autores, quando a calda entra em contato com a superfície foliar, há tendência de escorrimento, com possível perda do ingrediente ativo. Entretanto, os adjuvantes oleosos aumentam a aderência da mistura sobre o alvo, além de promover espalhamento.

Sobre os tempos de absorção das misturas fungicidas, não ocorre entrada instantânea dos ingredientes ativos no metabolismo das plantas de soja, haja vista que 100% do que foi aplicado, imediatamente após a pulverização, ainda se encontrava sobre as superfícies foliares. Em seguida, essa absorção atingiu um pico de 72,58% em um tempo de duas horas, com praticamente estabilização até às 48 horas após a aplicação. Apesar de não ser possível afirmar sobre o término da absorção neste tempo final de avaliação, provavelmente após estes dois dias decorridos da aplicação, a absorção da mistura fungicida seja mínima ou nenhuma. Além disso, os aproximadamente 22% de calda não absorvida após as 48 horas podem ter sido perdidos para o ambiente em forma de deriva, escorrimento, evaporação, ou até mesmo degradação das moléculas.

Sundravadana et al. (2008), em estudos para determinar resíduos de azoxistrobina em frutas de manga, através de cromatografia líquida, conseguiram determinar a meia vida deste ingrediente ativo na dose recomendada e como único componente da solução, sendo este período de apenas um dia. Além disso, estes autores constataram a persistência da azoxistrobina nas amostras vegetais até três dias após a aplicação, não havendo mais resquícios deste fungicida ao quinto dia de avaliação.

Para confirmar estes resultados de persistência da azoxistrobina em amostras vegetais, Teló et al. (2017) realizaram trabalho de análise de resíduos de inseticidas e fungicidas, dentre eles a azoxistrobina, em grãos de arroz submetidos a cromatografia gasosa. As aplicações realizadas dos fungicidas por estes autores ocorreram de duas formas: um tratamento com aplicações em R2 e outro tratamento com duas aplicações, em R2 e em R4. As análises foram feitas após a colheita dos grãos, 40 dias após a última aplicação dos produtos, e não foram capazes de encontrar resíduos de azoxistrobina nestas amostras, demonstrando a degradação desta molécula ao decorrer do tempo.

Em trabalho para validar uma metodologia de extração e quantificação de azoxistrobina em amostras de vagens e ervilhas, através de cromatografia gasosa com

espectrometria de massas, Abdelraheem et al. (2015) também conseguiram identificar resíduos deste fungicidas em leguminosas, com quantificações variando entre 76,29% a 100% nas duas culturas, com análises 2 horas após a contaminação das amostras vegetais com esta estrobilurina pura. Esses autores caracterizaram a azoxistrobina como uma molécula translocada através do xilema, podendo ser absorvida através das raízes e translocada para os caules e folhas, ou então absorvidas pelas folhas e, neste caso, translocada para as bordas foliares.

Ainda persistem gargalos para futuros estudos acerca das influências das misturas de produtos em tanque sobre a tecnologia de aplicação de fungicidas. Trabalhos podem ser conduzidos para entender a relação entre pH e condutividade elétrica com a durabilidade das moléculas fungicidas. Pesquisas sobre a escolha de adjuvantes, a fim de entender se o pH e a condutividade devem ser priorizadas nestas decisões, ou a tensão superficial e os efeitos sobre os espectros de gotas. É necessário entender melhor as influências da tensão superficial, dos espectros de gotas, do pH e da condutividade elétrica da calda sobre a absorção dos fungicidas. Estes temas podem permear futuros estudos a respeito das misturas fungicidas em tanques de pulverização.



## 4 CONCLUSÕES

Não ocorrem incompatibilidades físicas com a azoxistrobina + ciproconazol em misturas com o glifosato e com os adjuvantes estudados, porém há necessidade de agitação em todas as caldas. Há a presença de espuma na mistura do fungicida com o glifosato.

A mistura do fungicida com o glifosato e com o ácido propiônico reduzem com maior intensidade o pH e aumentam a condutividade elétrica da calda.

Todos os adjuvantes reduzem a tensão superficial da calda fungicida.

Todos os espectros produzidos são de gotas médias.

A adição do glifosato ao fungicida aumenta o potencial de risco de deriva da calda fungicida.

Enquanto o glifosato pode prejudicar a absorção da azoxistrobina, os adjuvantes podem incrementar este aspecto. Assim, não é recomendável a mistura do glifosato com a azoxistrobina + ciproconazol.

A maior absorção da azoxistrobina se dá até as duas horas após a sua aplicação. Após este tempo, há tendência de estabilização.

## REFERÊNCIAS

- ABDELRAHEEM, E. M. H.; HASSAN, S. M.; ARIEF, M. M. H.; MOHAMMAD, S. G. Validation of quantitative method for azoxystrobin residues in green beans and peas. **Food Chemistry**, Norwich, v. 182, n. 1, p. 246–250, 2015.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13875:2014**. Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro: 2014. 12 p.
- AENDA – Associação Brasileira de Defensivos Pós-Patente. Saiba quais são os princípios ativos dos agrotóxicos mais vendidos no mundo. **Notícias**, 2019. Disponível em: [www.aenda.org.br/noticia\\_imprensa/saiba-quais-sao-os-principios-ativos-dos-agrotoxicos-mais-vendidos-no-mundo](http://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/saiba-quais-sao-os-principios-ativos-dos-agrotoxicos-mais-vendidos-no-mundo). Acesso em: 30 de abr. de 2022.
- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.
- ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra, ASAE S572.2**. St. Joseph, Michigan, 2018. 6 p.
- ASSUNÇÃO, H. H.; CAMPOS, S. F. B.; SOUSA, L. A.; LEMES, E. M.; ZANDONADI, C. H. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvants plus phytosanitary products and the effects on the physical-chemical properties of the spray liquids. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 6, p. 1878-1885, 2019.
- AVILA NETO, R. C. **Misturas, adjuvantes, dureza e pH da água interferem na aplicação de herbicidas mimetizadores da auxina**. 2021. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.
- BENCIC, A. M. **A influência do valor de pH de diferentes soluções foliares fertilizantes na eficácia de fungicidas na proteção do trigo (*Triticum spp.*)**. 2018. 35 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Universidade Josip Jurja Strossmayer, Osijek, 2018.
- CAÇÃO, J. E. C. R.; MOREIRA, B. R. A.; RAETANO, C. G.; CARVALHO, F. K.; PRADO, E. P. Spray retention on coffee leaves associated with type and concentration of adjuvants. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.39, n.5, p.623-629, 2019.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.
- DARIO, I. S. N. **Interação de adjuvantes e do volume de calda na eficiência da aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2019. 238 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.
- DEVKOTA, P.; JOHNSON, W. Influence of carrier water pH, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on 2,4-D and 2,4-D plus glyphosate efficacy. **Weed Technology**, Cambridge, v. 33, n. 4, p. 562-568, 2019.

DOPIERALA, K.; PROCHASKA, K. The effect of molecular structure on the surface properties of selected quaternary ammonium salts. **Journal of colloid and interface science**, San Diego, v. 321, n. 1, p. 220-226, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 1999. 200 p.

ESCOBAR, J. G. R.; FALCONI, R. R.; QUIBRERA, C. G. R. *Colletotrichum* spp. From papaya fruits, from the different center, its control with fungicides and effect of the water pH. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, n.3, p. 4512-4523, 2021.

GALVÃO, R. F.; ECCO, M.; RIFFEL, R. C.; BARBOSA, A. P. Uso de diferentes adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-12, 2021.

GANDINI, E. M. M.; COSTA, E. S. P.; SANTOS, J. B.; SOARES, M. A.; BARROSO, G. M.; CORRÊA, J. M.; CARVALHO, A. G.; ZANUNCIO, J. C. Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 268, n. 1, p. 122-152, 2020.

GANDOLFO, U. D. **Espectro de gotas e deriva na pulverização de diferentes formulações de herbicidas**. 2018. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

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

KARKANIS, A.C.; VELLIOS, E.; GRIGORIOU, F.; GKRIMPIZIS, T.; GIANNOULI, P. Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: effects on grain yield and gluten content. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, Cluj-Napoca, v. 46, n. 2, p. 601-607, 2018.

KOOIJ, S.; SIJS, R.; DENN, M. M.; VILLERMAUX, E.; BONN, D. What determines the drop size in sprays? **Physical Review X**, Lyon, v. 8, n. 3, p. 1-13, 2018.

LANDIM, T. N. **Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LANDIM, T. N.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, M. G.; SILVA, S. M. Interactions between adjuvants and the fungicide azoxystrobin+benzovindiflupyr in hydraulic spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.39, n.5, p. 600-606, 2019.

MARTINI, A. T.; SCHLOSSER, J. F.; GIL, E.; FARIAS, M. S.; BERTOLLO, G. M.; OLIVEIRA, L. F. V.; NEGRI, G. M. Agricultural spray inspection according to ISO 16122. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 4, p. 60-75, 2019.

- MORAES, H. M. F.; COSTA, J. O.; PEREIRA, G. A. M.; SOUZA, W. M.; SILVA A. A.; PAIXÃO, G. P. Physical compatibility and stability of pesticide mixtures at different spray volumes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2018.
- MUELLER, T. C.; STECKEL, L. E. Spray mixture pH as affected by dicamba, glyphosate, and spray aditives. **Weed Technology**, Cambridge, v. 33, n. 1, p. 547–554, 2019.
- NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MELO, E. P.; LEONEL, R. K. Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados a fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 40, p. 95-104, 2018.
- OLIVEIRA JR., R. S.; BIFFE, D. F.; MACHADO, F. G.; SILVA, V. F. V. Mecanismos de ação de herbicidas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (Org.). **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. 1. ed. Jaboticabal: Fábrica de Palavras, 2021. p. 170-204.
- OWEN, M. J. Silicone surface fundamentals. **Macromolecular rapid communications**, Weinheim, v. 42, n. 5, p. 1-9, 2021.
- QUEIROZ, M. F. P. **Espectro de gotas e características físicas de caldas com adjuvantes tensoativos e os herbicidas glyphosate e 2,4-d, isolados e em mistura**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.
- RIBEIRO, R. P. M.; COSTA, L. L.; LEÃO-ARAÚJO, E. F.; OLIVEIRA., A. Compatibilidade físico-química de caldas fungicidas e adjuvantes. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 13, n. 5, p. 35-41, 2021.
- ROEHRIG, R.; BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; CHECHI, A. Use of surfactant with different volumes of fungicide application in soybean culture. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.38, n.4, p. 577-589, 2018.
- SILVA, A. C. A. **Desempenho de adjuvantes na qualidade da aplicação e na retenção e translocação de fungicida na cultura da soja**. 2013. 61 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.
- SANCHES, J. J.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J. Impact of rainfalls on the acaricide propargite with and without addition of adjuvants for the control of the mite *Brevipalpus yothersi*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 1-8, 2018.
- SANTOS, P. S. J. **Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiraxade em plantas de soja e videira**. 2016. 151 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- SANTOS, F. H.; SANTOS, L. A.; FARIA, C. M. D. R. Translocação de triazóis e estrobilurinas no controle do oídio da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.11, n.1, p. 87-92, 2018.

SIJS, R.; BONN, D. The effect of adjuvants on spray droplet size from hydraulic nozzles. **Pest Management Science**, v. 76, n. 10, p. 3487-3494, 2020.

SINGH, N.; SINGH, S. B.; MUKERJEE, I.; GUPTA, S.; GAJBHIYE, V. T.; SHARMA, P. K.; GOEL, M.; DUREJA, P. Metabolism of <sup>14</sup>C-azoxystrobin in water at different pH. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, Londres, v. 45, n. 2, p. 123-127, 2010.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed., New York: W. H. Freeman, 1995. 937 p.

SPADONI, A. B. D. **Propriedades físico-químicas e primórdios da perda de estabilidade de calda inseticida em misturas com fungicidas e adjuvantes**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2019.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

SUNDRAVADANA, S.; ALICE, D.; SAMIYAPPAN, R.; KUTTALAM, S. Determination of azoxystrobin residue by UV detection high performance liquid chromatography in mango. **J. Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 60-63, 2008.

TELÓ, G. M.; MARCHESAN, E.; ZANELLA, R.; PEIXOTO, S. C.; PRESTES, O. D.; OLIVEIRA, M. L. Fungicide and insecticide residues in rice grains. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 39, n.1, p. 9-15, 2017.

ZHENG, L.; CAO, C.; CHEN, Z.; CAO, L.; HUANG, Q.; SONG, B. Efficient pesticide formulation and regulation mechanism for improving the deposition of droplets on the leaves of rice (*Oryza sativa* L.). **Pest Management Science**, Londres, v. 77, n. 7, p. 3198-3207, 2021.

## **CAPÍTULO IV**

**MISTURA DE GLIFOSATO E ADJUVANTES À CALDA FUNGICIDA NA  
DEPOSIÇÃO E NO CONTROLE DE DOENÇAS DE FINAL DE CICLO NA  
CULTURA DA SOJA**

## MISTURA DE GLIFOSATO E ADJUVANTES À CALDA FUNGICIDA NA DEPOSIÇÃO E NO CONTROLE DE DOENÇAS DE FINAL DE CICLO NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

O manejo de doenças pode ser afetado pelas misturas de produtos no tanque do pulverizador. Esta junção de moléculas é comum na cultura da soja para o controle de doenças de final de ciclo (DFCs). O objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição de calda nas folhas de soja, as perdas para solo e o controle das DFCs por aplicações de misturas fungicidas. Em duplicata, executou-se experimentos simultâneos, sobre variedades de ciclo precoce (Experimento 1) e de ciclo médio (Experimento 2). O delineamento foi de blocos casualizados e os tratamentos foram: T1. Fungicida; T2. Fungicida + glifosato; T3. Fungicida + óleo mineral; T4. Fungicida + ácido propiônico; T5. Fungicida + óleo de laranja; T6. Testemunha sem aplicação. Utilizou-se o fungicida azoxistrobina + ciproconazol (dose: 0,3 L ha<sup>-1</sup>), um pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, pontas TT110015, taxa de 160 L ha<sup>-1</sup> e velocidade de 3,6 km h<sup>-1</sup>. A primeira aplicação dos tratamentos ocorreu em R1, 35 dias após a emergência das plantas. Avaliou-se a deposição de calda nas metades superior e inferior das plantas, além das perdas de calda para o solo, através da adição à calda de um marcador Azul Brilhante para ser detectado por absorvância em espectrofotometria. A deposição foi avaliada em 10 folhas coletadas em cada metade das plantas, e as perdas foram avaliadas em placas de Petri colocadas ao chão. Essas amostras foram lavadas com água destilada e tiveram suas áreas especificadas. No caso das folhas, utilizou-se um medidor de área foliar. Os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L<sup>-1</sup>), através de curva de calibração, e determinou-se a massa de corante nas amostras. Dividiram-se as massas pelas áreas amostrais e obtiveram-se as quantidades de corante por área (µg cm<sup>2</sup>). A avaliação da eficácia de controle foi baseada em avaliações semanais de severidade de doenças através de escala diagramática de DFCs, com 10 folhas coletadas em cada um dos terços das plantas. A partir das severidades de DFCs, plotou-se curvas de severidade das doenças e calcularam-se as áreas abaixo das curvas de progresso das doenças (AACPD). Além disso, foram estimados os atributos de produtividades e massa de mil grãos. Para entender se houve relação entre os tratamentos e as variedades, realizou-se uma análise conjunta entre os experimentos. As caldas influenciaram todas as variáveis. As variedades não afetaram as perdas para o solo e a AACPD. As deposições sofreram influências conjuntas das misturas e das variedades, com melhores resultados nas metades superiores das plantas, especialmente na variedade de ciclo médio e com as misturas com o glifosato e com o óleo mineral. As misturas com as maiores deposições também apresentaram as maiores perdas para o solo, na soja precoce. Todas as misturas fungicidas reduziram a severidade de doenças, mas as misturas com adjuvantes resultaram nos melhores atributos de produtividade. A deposição de calda na soja depende da mistura adotada e da variedade semeada. As aplicações de azoxistrobina + ciproconazol, independente das misturas, são eficazes no manejo de DFCs em soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** severidade de doenças, deposição de calda, *Glycine max* L. Merrill, mistura em tanque.

## MIXTURE OF GLYPHOSATE AND ADJUVANTS TO FUNGICIDE SILVER IN THE DEPOSITION AND CONTROL OF END-OF-CYCLE DISEASES IN SOYBEAN CULTURE

### ABSTRACT

Disease management can be affected by mixtures of products in the sprayer tank. This mixing of molecules is common in soybean cultivation for the control of end-of-cycle diseases (OFDs). The objective of this work was to evaluate the grout deposition on soybean leaves, the losses to soil, and the control of OFDs by applications of fungicide mixtures. In duplicate, simultaneous experiments were performed on early (Experiment 1) and mid-cycle (Experiment 2) varieties. The design was randomized block and the treatments were: T1. Fungicide; T2. Fungicide + glyphosate; T3. Fungicide + mineral oil; T4. Fungicide + propionic acid; T5. Fungicide + orange oil; T6. Control without application. We used the fungicide azoxystrobin + cyproconazole (dose: 0.3 L ha<sup>-1</sup>), a CO<sub>2</sub> pressurized sprayer, TT110015 tips, rate of 160 L ha<sup>-1</sup> and speed of 3.6 km h<sup>-1</sup>. The first application of the treatments occurred at R1, 35 days after plant emergence. Grout deposition on the upper and lower halves of the plants, as well as grout losses to the soil, were evaluated by adding a Bright Blue marker to the grout, which was detected by absorbance spectrophotometry. Deposition was assessed on 10 leaves collected from each plant half, and losses were assessed in Petri dishes placed on the ground. These samples were washed with distilled water and had their areas specified. In the case of the leaves, a leaf area meter was used. The absorbance data were transformed into concentration (mg L<sup>-1</sup>), using a calibration curve, and the mass of dye in the samples was determined. The masses were divided by the sample areas and the amounts of dye per area (µg cm<sup>2</sup>) were obtained. Evaluation of control efficacy was based on weekly assessments of disease severity using a diagrammatic scale of OFDs, with 10 leaves collected from each third of the plants. From the OFD severities, disease severity curves were plotted and the areas under disease progress curves (AUDPC) were calculated. In addition, the attributes of yields and mass of one thousand grains were estimated. To understand if there was a relationship between treatments and varieties, a joint analysis was performed between the experiments. The grouts influenced all variables. Varieties did not affect losses to soil and AUDPC. The depositions were jointly influenced by the mixtures and the varieties, with better results in the upper halves of the plants, especially in the medium cycle variety and with the mixtures with glyphosate and mineral oil. The mixtures with the highest depositions also showed the highest losses to the soil in early soybean. All fungicide mixtures reduced disease severity, but the mixtures with adjuvants resulted in the best yield attributes. The grout deposition on soybeans depends on the mixture adopted and the variety sown. Azoxystrobin + cyproconazole applications, regardless of the mixtures, are effective in managing OFDs in soybean.

**KEYWORDS:** disease severity, grout deposition, *Glycine max* L. Merrill, tank mix.



## 1 INTRODUÇÃO

Diversos problemas fitossanitários são recorrentes na cultura da soja, principalmente no Brasil, um país tropical cujo clima favorece a incidência de vários patógenos. Além disso, é comum a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas, em uma mesma área. Normalmente, diversos produtos são utilizados no manejo simultâneo desses alvos, por isso a mistura de diferentes produtos fitossanitários em um tanque de pulverização tornou-se uma prática muito utilizada, apesar dos riscos de incompatibilidades nesta calda poderem reduzir a eficiência da aplicação ou até mesmo a eficácia de controle das doenças.

A tecnologia de aplicação é fundamental para o desenvolvimento da soja, com deposições precisas sobre os alvos, nos momentos corretos e de maneira satisfatória quanto à cobertura, absorção dos produtos, manejos das pragas e sem prejuízos econômicos ou danos ambientais (LIDÓRIO, 2021). Em relação ao manejo de doenças, este cenário deve ser ainda mais criterioso, com um momento adequado da aplicação, a fim de se manejar rapidamente a doença, a qual pode reduzir a atividade fotossintética da cultura, devido à redução da área foliar, prejudicando o potencial produtivo da cultura (CAVALCANTE, et al., 2022; PERES et al., 2020).

Por ser limitante ao rendimento e lucratividade da produção de soja, o complexo de doenças nesta cultura toma atenção dos profissionais da tecnologia de aplicação. Como parte deste complexo, destacam-se as doenças de final de ciclo (DFCs), como a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), a antracnose (*Colletotrichum truncatum*), a septoriose (*Septoria glycines*), o míldio (*Peronospora manshurica*) e o oídio (*Microsphaera difusa*) (ARAÚJO JÚNIOR, 2021; GABARDO et al., 2022). Estas doenças foliares normalmente acarretam perdas entre 15 a 20% da produção, mas em algumas situações podem ocasionar perdas próximas a 100% (CAVALCANTE, et al., 2022; PERES et al., 2020).

De acordo com Almeida Júnior et al. (2021), as DFCs na cultura da soja têm estimulado a busca por técnicas eficientes de manejo, pois a maioria das cultivares com altos tetos produtivos são suscetíveis a essas doenças. Desta forma, Santos (2020) define controle químico, por meio das aplicações fitossanitárias, como a principal forma de manejo das DFCs. Para o sucesso deste manejo, as aplicações devem ocorrer na parte aérea das plantas, desde o início da fase vegetativa da cultura até o enchimento das vagens, uma vez que estes patógenos induzem a desfolha precoce da planta, com incidência no início do ciclo das lavouras (PERES et al., 2020).

Por ser a principal forma de manejo destas doenças, a aplicação de fungicidas deve ser feita mediante escolha criteriosa do produto fitossanitário, de acordo com suas características de especificidade e sistemicidade, com o seu alvo específico, o momento da aplicação de acordo com a incidência do patógeno e desenvolvimento da cultura. Além desses fatores, aspectos relativos à tecnologia de aplicação como a taxa de aplicação, as pontas de pulverização e as misturas em tanque também são pontos importantes para a eficiência do processo e a eficácia de manejo das doenças (CHECHI et al., 2021; KNORR et al., 2019; VIEGAS NETO et al., 2021).

Dentre os fungicidas utilizados para o manejo das DFCs, estão os grupos dos triazóis e das estrobilurinas, muitas vezes utilizados em misturas no tanque do pulverizador. Estes ingredientes ativos apresentam ação curativa e relativamente sistêmica, caracterizados com maiores e menores capacidades de translocação no interior das plantas (NASCIMENTO et al., 2018).

Em relação às misturas fitossanitárias como técnicas de manejo das DFCs, se por um lado podem otimizar as pulverizações agrícolas, por outro podem ocorrer problemas durante este processo com prejuízos à pulverização. A mistura de fungicidas e outros produtos no interior do tanque do pulverizador pode acarretar incompatibilidades químicas e físicas entre as moléculas, com dificuldade de dissolução dos produtos, fitotoxicidade, presença de espuma, entupimento de pontas, decantação, floculação, formação de grânulos, aderência de produtos nas paredes de filtros e mangueiras de todo o circuito hidráulico do pulverizador. Neste cenário problemático, fatores como a concentração da calda e a quantidade de água utilizada, bem como o pH dos produtos e o resultante na mistura, e a falta de agitação da calda, podem influenciar o resultado das aplicações (ADEGAS e GAZZIERO, 2020).

Para agravar esta possibilidade de prejuízos, Moraes et al. (2021) afirmaram serem escassas e divergentes as informações disponíveis sobre as compatibilidades de misturas de produtos fitossanitários em tanque, sendo fundamental o estudo e conhecimento destes parâmetros para o sucesso do manejo de pragas.

Além das misturas de produtos em tanque, para Peres et al. (2020) outros fatores como a deposição de gotas sobre os alvos e a distribuição da calda, também influenciam na eficácia dos fungicidas. Para o sucesso destas aplicações, o produto biologicamente ativo deve ser depositado sobre o alvo na quantidade precisa, sobre o sítio de infecção da doença. Nesse contexto, a composição da calda fitossanitária é imprescindível para uma aplicação bem sucedida, uma vez que esta mistura interfere no espectro de gotas produzido, no espalhamento da calda sobre o tecido vegetal, na quebra de cerosidade e absorção dos produtos e nas

possibilidades de perdas por deriva, evaporação e/ou escorrimento (ANTUNIASSI e BOLLER, 2019; NETO et al., 2021; SANTOS, 2020).

Quanto à deposição de calda sobre os alvos, com o intuito de manejo das doenças foliares na cultura da soja, é necessário aplicar o fungicida no interior do dossel da planta. Por isso, as pulverizações devem promover adequadas coberturas dos alvos especialmente no terço inferior da cultura (MOURA, 2018). De acordo com Lidório (2021), a partir do fechamento do dossel da cultura, devido ao acúmulo de área foliar na parte superior da planta, a cobertura das gotas sobre os alvos fica ainda mais difícil, já que as DFCs normalmente iniciam no dossel inferior da soja.

Como há maiores dificuldades de transposição do dossel da cultura, devido à massa foliar na arquitetura das plantas, para a deposição de gotas no terço inferior, é importante o conhecimento das propriedades dos produtos fitossanitários e das suas misturas resultantes. A mobilidade do produto, a quantidade mínima de gotas necessárias, bem como o tamanho ideal dessas gotas influenciam as técnicas de aplicações e os preparos das caldas, de acordo com os alvos almejados (ADEGAS e GAZZIERO, 2020; CHECHI et al., 2019).

No caso de doenças de soja, Santos (2020), ao constatarem melhores tendências de coberturas de alvos com taxas entre 150 L ha<sup>-1</sup> e 200 L ha<sup>-1</sup>, afirmaram que também existem possibilidades de sucesso em aplicações com menores volumes de água. No entanto, para este autor, quanto menor for a taxa de aplicação utilizada, maiores devem ser os cuidados gerais com a aplicação, especialmente em relação às misturas e preparo das caldas.

Como ferramentas para evitar perdas de calda, inclusive as causadas por incompatibilidades de misturas de produtos fitossanitários em tanque, os adjuvantes são produtos sem propriedades fitossanitárias adicionados às caldas, capazes de melhorar a eficiência das aplicações, reduzir os riscos na pulverização e favorecer a eficácia de controle das doenças em soja (LANDIM, 2018; LIDÓRIO, 2021).

Estes adjuvantes podem contribuir para o alcance do alvo biológico pelos ingredientes ativos componentes das misturas, se posicionados adequadamente. Dependendo do tipo de adjuvante, podem atuar como redutores de espuma, dispersantes, tamponantes e emulsificantes dos produtos, aderentes, espalhantes, além de promotores da quebra da cerosidade no tecido vegetal, com maior absorção do ingrediente ativo (LIDÓRIO, 2021; NASCIMENTO et al., 2018).

Para se alcançar boa cobertura em uma aplicação de fungicidas, utilizam-se adjuvantes redutores de deriva e espalhantes, em mistura à calda fitossanitária, a fim de reduzir perdas de gotas para o meio ambiente, promover quebra de tensão superficial da calda com maior

espalhamento e cobertura do alvo, além de facilitar a absorção dos produtos pelas plantas. No entanto, se posicionados equivocadamente, estes adjuvantes também podem prejudicar o desempenho das misturas fitossanitárias, pois podem alterar as características físico-químicas das caldas, como o pH, a condutividade elétrica e a tensão superficial (MOURA, 2018; NASCIMENTO et al., 2018; PERES et al., 2020).

Assim, diante da severidade das doenças de final de ciclo para a cultura da soja, da dificuldade para o seu controle e da complexidade das misturas fitossanitárias para este manejo, necessitam-se de mais estudos neste contexto, a fim de embasar as técnicas no dia-a-dia do campo. Por isso, objetivou-se com este trabalho avaliar a deposição de calda nas folhas de soja, as perdas para solo e o controle químico das DFCs promovidos por aplicações de diferentes misturas fungicidas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duplicata, sendo dois experimentos simultâneos de cultivos de soja (*Glycine max* L. Merrill), em uma mesma safra, sobre variedades de ciclo precoce (Experimento 1) e de ciclo médio (Experimento 2), a fim de entender os efeitos das misturas fitossanitárias sobre a eficiência das aplicações fungicidas e eficácia de controle de doenças. As duplicatas, além de demonstrarem variedades de comportamentos diferentes, serviram também para aumentar a confiabilidade nos dados experimentais.

Os experimentos foram instalados e conduzidos na Fazenda Rancharia, em Monte Carmelo – MG, com análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Mecanização Agrícola, LAMEC, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no Campus de Uberlândia, durante a safra de 2020/2021. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido com inverno frio e seco. A área possui topografia plana e solo argiloso. A altitude da área é de 995 m, com coordenadas geográficas 18°51'57.29"S e 47°19'45.25"O.

Para a instalação dos experimentos, delinear-se as parcelas de ambos os trabalhos em um mesmo talhão, ficando as duas áreas experimentais dispostas lado a lado, apenas semeadas com variedades diferentes, de modo que as aplicações de manutenção ocorreram simultaneamente nas variedades precoce e de ciclo médio.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas em cada experimento. Os 6 tratamentos consistiram em 5 misturas fungicidas diferentes e 1 testemunha sem aplicação, a fim de servir como parâmetro de avaliação para a eficácia de controle (Tabela 1).

**Tabela 1** – Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos, envolvendo misturas fungicidas

Tratamento	Sigla	Mistura
T1	FG	Fungicida
T2	GL	Fungicida + Glifosato
T3	OM	Fungicida + Óleo mineral
T4	AP	Fungicida + Ácido propiônico
T5	OL	Fungicida + Óleo de laranja
T6	Test.	Testemunha sem aplicação

Fonte: Elaborada pelo autor.

Todos os produtos escolhidos para as aplicações neste capítulo já foram estudados nesta tese. Como fungicida, optou-se por aplicar o Priori Xtra® (dose de 0,3 L ha<sup>-1</sup>, composto por 20% de azoxistrobina + 8% de ciproconazol). O herbicida escolhido foi o Roundup Transorb® (dose de 3 L ha<sup>-1</sup>, composto por 58,8% de sal de potássio + 48% de equivalente ácido de glifosato). Em relação aos adjuvantes, os escolhidos foram o óleo mineral Iharol Gold® (dose de 0,25 L ha<sup>-1</sup>, composto por 75,68% de óleo mineral), o ácido propiônico Li700® (dose de 0,1 L ha<sup>-1</sup>, composto por 71,28% de fosfatidilcolina + ácido propiônico) e o óleo de laranja Orobor® (dose de 0,15 L ha<sup>-1</sup>, composto por 1% de N + 0,2% de B – óleo essencial da casca de laranja).

As parcelas experimentais foram compostas por 12 m<sup>2</sup>, sendo 6 m de comprimento por 2 m de largura, para enquadrar 4 linhas de cultivo espaçadas entre si por 0,5 m. Das quatro linhas em cada parcela, consideraram-se para todas as avaliações apenas as duas centrais, sendo desconsiderados também 1 m em cada extremidade da parcela. Assim, totalizaram-se como área útil para avaliação apenas os 4 m<sup>2</sup> centrais de cada parcela experimental. Além disso, cada experimento foi rodeado externamente por uma bordadura com as mesmas dimensões das parcelas experimentais, a fim de isolar a área experimental de eventuais contaminações das aplicações padrões da fazenda.

Escolheram-se duas variedades desta cultura: a NS 6906 RR, de ciclo precoce, grupo de maturação 7.0, com crescimento indeterminado e resistência a doenças como mancha-alvo, olho de rã, cancro da haste e fitóftora raça 1, de acordo com a Nidera Sementes®; e a BMX Foco RR, de ciclo médio, grupo de maturação 7.2, com crescimento indeterminado e resistência a doença cancro da haste, de acordo com a Brasmax®. Para a variedade precoce, semearam-se 220 mil sementes por hectare, com estande final 210 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Para a variedade de ciclo médio, semearam-se 320 mil sementes por hectare, com estande final de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>, de acordo com as recomendações das empresas fornecedoras das sementes. Ambas as variedades foram semeadas na mesma data.

Todas as operações realizadas na área, desde a dessecação de pré-semeadura, a semeadura, as adubações e a aplicação de herbicidas em pós-emergência da cultura, foram realizadas de maneira tratorizada. A partir do estágio reprodutivo R1, momento no qual fez-se a primeira aplicação dos tratamentos, as pulverizações, inclusive as de manutenção, ocorreram através de um pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, com barra de 2 m e 4 pontas de pulverização espaçadas por 0,5 m entre si. Estas pontas foram a TT110015 (jato plano defletor), com vazão de 0,48 L min<sup>-1</sup>, pressurizadas a 200 kPa a fim de pulverizarem 160 L ha<sup>-1</sup>, com uma velocidade de trabalho de 3,6 km h<sup>-1</sup>.

Como tratos culturais, primeiramente simultâneo a área de produção da fazenda, dessecou-se a área, antecipadamente a semeadura em 3 dias, com Roundup WG® (glifosato) a 2 kg ha<sup>-1</sup>, Select® (cletodim) a 0,6 L ha<sup>-1</sup> e Spider® (diclosulan) a 0,032 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a semeadura, ocorrida no dia 28/10/2020, trataram-se as sementes com uma máquina tratadora para fornecer o inseticida Dermacor (clorantraniliprole, 0,5 mL kg<sup>-1</sup> de sementes), o fungicida Rancona (ipconazol + tiram, 2 mL Kg<sup>-1</sup> de sementes), os nutrientes CoMo Ultra (cobalto + molibdênio, 2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes) e os inoculantes Bioma Brady (*Bradirhizobium*, 3 doses ha<sup>-1</sup>) e Bioma Mais (*Azospirillum*, 1 dose ha<sup>-1</sup>), além do nematicida biológico Nemacontrol (*Bacillus subtilis*, 1,5 mL kg<sup>-1</sup> de sementes).

Durante a semeadura, adubou-se a área através de uma semeadora adubadora com 200 kg ha<sup>-1</sup> de MAP. Aos 21 dias após a emergência da cultura, adubou-se novamente a área com um distribuidor montado em trator, fornecendo-se 150 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, e aplicou-se em pós-emergência da cultura 2 L ha<sup>-1</sup> de Xequê Mate, em mistura com 0,6 L ha<sup>-1</sup> de Select. Aos 35 dias após a emergência das plantas, realizou-se a primeira aplicação experimental de fungicida, de acordo com os tratamentos já descritos, em estágio R1 da cultura.

Como manutenção, por 3 vezes no ciclo da cultura, aplicaram-se inseticidas visando o manejo de percevejos, através de 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Galil (imidacloprido + bifentrina), 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de Sperto (acetamiprido + bifentrina) e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Bold (acetamiprido + fenpropatrina), estes em sequência e espaçados por 15 dias entre si. Por se tratarem de variedades de soja resistentes ao ataque de lagartas, não foram necessárias aplicações para manejar estas pragas. Como complemento as adubações minerais, realizaram-se fertilizações foliares com o fornecimento dos produtos Inquima+Mix® (fonte de micronutrientes, a 2 L ha<sup>-1</sup>), Inquima+Boro® (fonte de boro, a 0,5 L ha<sup>-1</sup>), Recover® (aminoácidos, 0,5 L ha<sup>-1</sup>) e Inquima+K® (fonte de potássio, 1 L ha<sup>-1</sup>).

A primeira aplicação de fungicida ocorreu no estágio reprodutivo R1 nas duas variedades, 35 dias após a emergência das plantas de soja, através do pulverizador de CO<sub>2</sub>. A partir de então, realizaram-se aplicações periódicas a cada 14 dias. Devido aos seus ciclos, na variedade precoce, foram necessárias 3 aplicações de fungicidas, enquanto que na variedade de ciclo médio, aplicaram-se 4 vezes as misturas fungicidas.

Durante todas as aplicações dos tratamentos no ciclo das variedades, monitoraram-se as condições meteorológicas através de um termo-higro-anemômetro digital marca Kestrel® modelo 4000. Por serem priorizados os melhores horários para as aplicações, para a variedade precoce, as condições foram: temperatura mínima de 24,30°C e máxima de 29,80°C, umidade relativa do ar entre 45,10% e 82,70% e ventos com velocidades entre 2,54 e 8,72 km h<sup>-1</sup>. Para

a variedade de ciclo médio, as condições foram: temperatura mínima de 23,70°C e máxima de 29,40°C, umidade relativa do ar entre 42,50% e 81,20% e ventos com velocidades entre 2,35 e 7,89 km h<sup>-1</sup>.

## 2.1. Eficiência de aplicação

Para avaliar a eficiência das tecnologias de aplicações adotadas, de acordo com cada mistura fungicida, consideraram-se apenas os 5 tratamentos com aplicações de caldas, desconsiderando-se a testemunha sem aplicação. As avaliações da qualidade das pulverizações, em função das misturas fungicidas, foram realizadas durante a 1ª aplicação no estágio reprodutivo da cultura (R1), a fim de verificar a deposição de calda nas metades superior e inferior das plantas de soja, além das eventuais perdas de calda para o solo.

A deposição de calda sobre os alvos e as perdas para o solo, ambas em  $\mu\text{g cm}^{-2}$ , foram verificadas através da adição à calda de aplicação de um marcador composto do corante alimentício Azul Brilhante catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na dose de 300 g ha<sup>-1</sup>, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

Para esta detecção, utilizou-se um espectrofotômetro modelo SP-22, da marca Biospectro®, com cubetas de vidro de 3,5 mL e caminho óptico de 10 mm, com lâmpada de tungstênio-halogênio para realizar as leituras. A quantificação da coloração foi feita na faixa de detecção do corante azul utilizado, por absorvância em 630 nm.

Previamente a aplicação, foi colocada ao acaso no chão dentro da área útil das parcelas, um conjunto de placas de Petri composto por capa e fundo. Os fundos dos conjuntos representaram uma área de 138 cm<sup>2</sup>, e as capas corresponderam a uma área de 147 cm<sup>2</sup>. Após as pulverizações, as placas foram recolhidas e acondicionadas em caixa térmica para posterior quantificação do marcador.

Imediatamente após a aplicação da calda em cada parcela, coletaram-se vinte folhas de plantas escolhidas ao acaso, sendo dez folhas na metade superior, a 70 cm de altura em relação ao solo, e dez folhas na metade inferior, a 30 cm de altura. Estas folhas foram acondicionadas em sacos plásticos, separados de acordo com a posição na planta, e armazenadas em caixa térmica para posterior manipulação no LAMEC.

Em laboratório, foi adicionado um volume de 100 mL de água destilada em cada saco plástico com as folhas de soja. Nas placas de Petri, o volume adicionado foi de 30 mL de água destilada. Os mesmos foram fechados e agitados por 1 minuto para a homogeneização do



corante presente nas amostras. Em seguida o líquido foi retirado e transferido para copos plásticos, os quais foram acondicionados em local refrigerado providos de isolamento luminoso por 24 horas para posterior leitura de absorvância no espectrofotômetro.

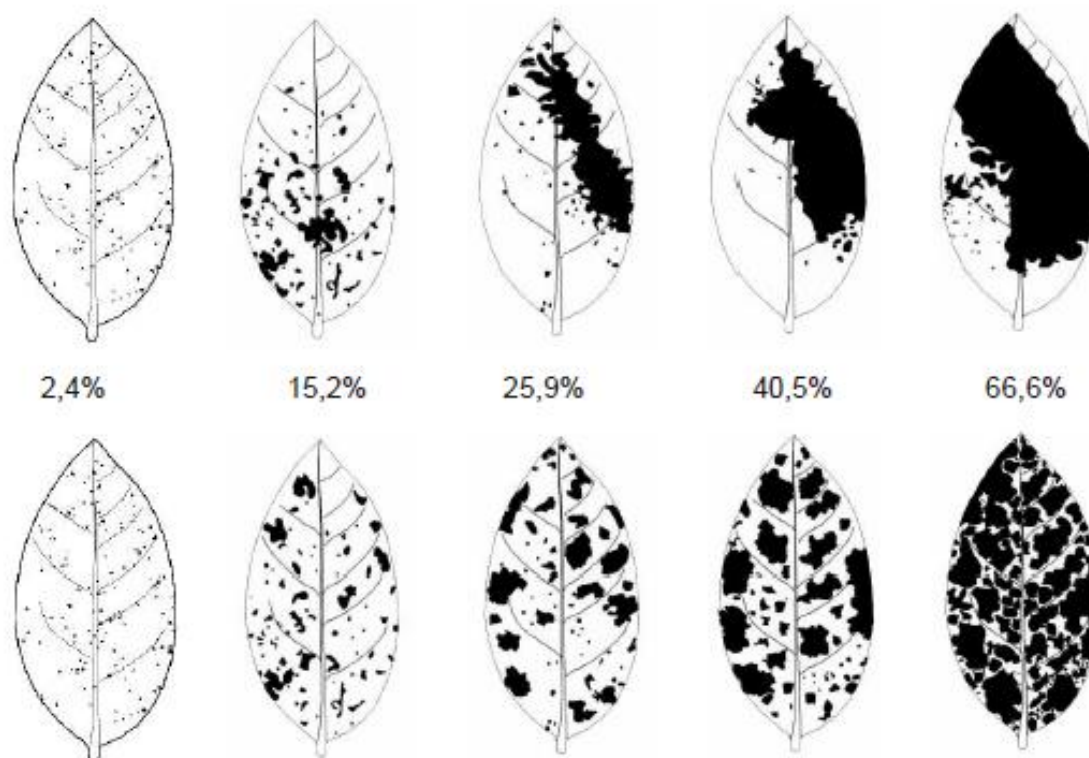
Através de curva de calibração, originada por meio de soluções-padrão de corante, obteve-se a equação:  $y = 0,0147x - 0,0003$ , em que  $y$  = absorvância e  $x$  = concentração ( $R^2 = 99,9\%$ ). Com isso, os dados de absorvância, obtidos em espectrofotometria foram transformados em concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ ). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida nas folhas de soja coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra, para obter-se a quantidade em  $\mu\text{g}$  de corante por  $\text{cm}^2$  de área foliar. O mesmo foi feito em relação à área das placas de Petri, a fim de avaliar as perdas para o solo. A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar marca Li-cor Biosciences®, modelo LI-3100C.

Como parâmetro de comparação entre as duas cultivares escolhidas em ambos os experimentos, determinaram-se os índices de áreas foliares (IAF) das plantas em cada uma das áreas experimentais no momento da 1ª aplicação do reprodutivo da cultura, em estágio R1. Para isso, coletaram-se 10 plantas de forma aleatória dentro da área de bordadura em cada experimento e, no laboratório, destacaram-se os folíolos para medição da respectiva área foliar. A média de área foliar das 10 plantas coletadas foi multiplicada pelo número de plantas por metro quadrado, determinando-se o IAF em cada momento de coleta. Dessa forma, obteve-se um IAF de 2,69 para a variedade NS 6906 RR (ciclo precoce) e de 2,38 para a variedade BMX Foco RR (ciclo médio).

## 2.2. Eficácia de controle

Segundo a bula do fungicida escolhido para as aplicações neste experimento, o Piori Xtra® possui registro em soja para Crestamento-foliar (*Cercospora kikuchii*), Mancha-parda (*Septoria glycines*), Oídio (*Microsphaera diffusa*), Antracnose (*Colletotrichum truncatum*), Mela (*Thanatephorus cucumeris*) e Mancha-alvo (*Corynespora cassicola*), doenças denominadas como de final de ciclo (DFCs), conforme Henning et al. (2014) e Xavier et al. (2019). Por isso, para a avaliação da eficácia de controle das misturas, baseou-se em avaliações semanais na cultura através da escala diagramática de DFCs de Martins et al. (2004), ilustrada na Figura 1.

**Figura 1.** Escala diagramática das doenças de final de ciclo da soja. Painel superior com os sintomas agregados. Painel inferior com os sintomas aleatoriamente distribuídos.



Fonte: MARTINS et al, 2004.

Inicialmente, avaliaram-se as parcelas um dia antes da primeira aplicação de fungicida em R1, a fim de verificar a severidade de doenças antes dos tratamentos. Como as aplicações ocorreram a cada 14 dias, as pulverizações seguintes ocorreram em R3, R5 e, somente na variedade de ciclo médio, em R6. As avaliações ocorreram semanalmente, sendo no mesmo dia da aplicação e 7 dias depois. Assim, na soja precoce, contando a avaliação prévia, foram feitas 7 avaliações na área experimental. Já na soja de ciclo médio, foram feitas 9 avaliações.

Para estas avaliações, na área útil das parcelas experimentais, foram selecionadas 10 folhas aleatórias em cada um dos terços das plantas de soja, totalizando 30 folhas em cada parcela, atribuindo-se notas de doenças de acordo com a escala. A partir destas atribuições consideradas como severidade de DFCs, plotaram-se as curvas de severidade das doenças e calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com equação abaixo, proposta por Shaner e Finney (1977) e citada por Campbell e Madden (1990):

$$AACPD = \sum [(X_i + X_{i+1})/2] * (T_{i+1} - T_i)$$

Na qual,

X: severidade da doença (%);

T: tempo, intervalo entre as avaliações, em dias;

i: número de avaliações feitas ao longo do tempo.

Após a maturação fisiológica da cultura, a colheita foi realizada manualmente, nos dias 17/02/2021 para a soja precoce e 24/02/2021 para a soja de ciclo médio, 105 e 112 dias, respectivamente, após a emergência das plantas. Então, com uma trilhadora mecânica estacionária e uma peneira manual, as amostras foram trilhadas e limpas, para enfim armazenar os grãos em sacos de papel. Através de um medidor de umidade da marca Minipa®, modelo MTG-640, aferiram-se as umidades de cada uma das parcelas, a fim de padronizá-las posteriormente.

Através de uma balança digital, verificaram-se as massas das amostras corrigindo-as todas para 13% de umidade. Em seguida, as massas foram extrapoladas para produtividade por hectare ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Além disso, como atributo de produtividade, de acordo com Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), verificou-se também a massa de 1000 grãos (PMG, em g), com auxílio de um gabarito padronizado.

### 2.3. Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram executadas através do software R v3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

Os dados foram submetidos aos testes de pressuposições, de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk e de Kolmogorov-Smirnov, homogeneidade das variâncias de Levene e a aditividade dos blocos de Tukey, ambos a 0,01 de significância. Nos casos de pressuposições não atendidas, transformaram-se os dados em  $\sqrt{x}$  para submissão de nova análise. Se esta transformação corrigiu esta pressuposição, sem prejudicar as demais, utilizaram-se os dados transformados para a análise de variância (SOKAL; ROHLF, 1995; STEEL; TORRIE, 1980).

Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) e, constatada diferença significativa, as médias em estudo foram comparadas entre si. Por se tratarem de dois experimentos executados em duplicata, e para entender se houve relação entre os tratamentos

e o ciclo das variedades de soja, realizou-se uma análise conjunta entre os trabalhos, seguida por um teste de comparação de médias. Para todas as comparações estatísticas, adotou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, notam-se as influências dos ciclos das sojas em conjunto com as caldas nas deposições dos produtos, tanto na metade superior quanto na metade inferior. Enquanto as caldas influenciaram todas as outras variáveis independente dos ciclos das sojas desde as perdas de calda para o solo, a AACPD, a produtividade e o PMG, estas duas últimas variáveis, também sofreram influências dos ciclos das variedades (Tabela 2). Estes resultados demonstram a importância das misturas fitossanitárias tanto na eficiência das aplicações quanto nas eficácias de controle e no desempenho das lavouras de soja.

**Tabela 2** – Valores de F calculados nas análises de variâncias das análises conjuntas entre as caldas estudadas e os ciclos de sojas nos dois experimentos executados, para cada uma das variáveis avaliadas

Fc	Deposição		Perdas	AACPD	Produtividade	PMG
	Superior	Inferior				
F <sub>Caldas</sub>	46,05*	13,23*	3,37*	22,70*	3,35*	3,05*
F <sub>Ciclo</sub>	28,90*	69,81*	0,37 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	6,66*	15,85*
F <sub>Caldas x Ciclos</sub>	4,56*	11,20*	1,59 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor. F<sub>Caldas</sub>; F<sub>Ciclo</sub>; F<sub>Caldas x Ciclo</sub>: valor de F calculado para caldas, para ciclo da soja, e para a interação caldas x ciclo, respectivamente. \*significativo a 0,05. <sup>ns</sup>não significativo.

Para as análises conjuntas significativas, bem como quando o fator “ciclo” foi significativo, os resultados foram apresentados de maneira conjunta entre os experimentos. Nos casos em que estas análises não foram significativas, os resultados foram apresentados de maneira individual por experimento.

É possível relacionar o impacto das deposições eficientes de gotas sobre os alvos, bem como a redução de perdas de calda para o ambiente, com aumentos de eficácia de controle de doenças e consequentes ganhos de produtividade nas culturas. Esta relação ocorre à medida que aplicações mais eficientes, com melhores deposições sobre os alvos e menores perdas de calda para o ambiente, resultam em manejos mais eficazes, com melhores índices de controle. Neste cenário, destaca-se a influência da mistura de produtos fitossanitários no manejo das DFCs e demais variáveis observadas.

Para confirmar este raciocínio, Zhao et al. (2022) ao estudarem pulverizações com taxas reduzidas de aplicações através de veículos aéreos não tripulados (VANTs) com auxílio de adjuvantes redutores de deriva no manejo de doenças na cultura do trigo, também verificaram influências das caldas avaliadas sobre a eficiência das aplicações e a eficácia de controle. Estes autores obtiveram resultados positivos de deposições de calda e reduções de

perdas a partir das misturas com os adjuvantes, com consequentes ganhos na qualidade do manejo, mesmo se tratando de aplicações com VANTS, isto é, pulverizações muito peculiares, com diferenças marcantes em relação às pulverizações convencionais, no que diz respeito a volumes de tanque e de aplicação, concentrações de calda, espectros de gotas, entre outras características.

### 3.1. Eficiência de aplicação

#### 3.1.1. Deposição de calda

Verificou-se maiores deposições de calda na metade superior das plantas, nos dois experimentos, com quantidades mais elevadas de marcador nas folhas, em geral, das plantas de ciclo médio, com até  $1,24 \mu\text{g cm}^{-2}$ . Além disso, também foram observadas maiores deposições de marcador nas aplicações com as caldas GL e OM (Tabela 3).

É notável a facilidade de deposição das gotas na metade superior das plantas, devido à proximidade desta parte dos alvos com as pontas de pulverização, além da ausência de obstáculos entre ambos, um fato persistente no caminho da calda até a metade inferior. A maior deposição de calda nas plantas da variedade de ciclo médio, devido ao seu menor IAF.

**Tabela 3** – Deposição de calda com marcador nas folhas das metades superior e inferior do dossel de soja de ciclos precoce e médio ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )

Caldas	Metade superior			Metade inferior		
	Ciclo precoce	Ciclo médio	Média	Ciclo precoce	Ciclo médio	Média
FG	0,60 bB	0,76 bA	0,68	0,43 aB	0,62 bA	0,53
GL	0,91 aB	1,23 aA	1,07	0,42 aB	1,04 aA	0,73
OM	0,95 aB	1,24 aA	1,10	0,43 aB	0,95 aA	0,69
AP	0,62 bB	0,68 bA	0,65	0,39 aA	0,51 bA	0,45
OL	0,67 bA	0,65 bA	0,66	0,41 aA	0,42 bA	0,41
Média	0,75	0,91		0,42	0,71	
W		<b>0,97</b>			<b>0,98</b>	
F <sub>Levene</sub>		<b>1,15</b>			<b>1,78</b>	
F <sub>Aditividade</sub>		<b>0,19</b>			<b>0,05</b>	
C. V. (%)		11,48			19,74	

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. W; F<sub>Levene</sub>; F<sub>Aditividade</sub>: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, de Levene e de Tukey para aditividade, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e blocos com efeitos aditivos a 0,01.

Estes resultados demonstram a influência da arquitetura das plantas sobre a deposição de calda nos alvos, independente do ciclo da cultivar, afinal plantas com disposição mais ereta de suas folhas e dossel mais aberto, facilitam a penetração das gotas dentre a cultura, bem como o atingimento de locais de mais difícil acesso como a metade inferior.

Em concordância com este raciocínio, Moura (2018) ao comparar manejos de ferrugem asiática na cultura da soja em função de taxas de aplicação, 50 e 120 L ha<sup>-1</sup>, e pontas de pulverização, jato cônico vazio e jato plano simples, definiu a arquitetura das plantas como um fator influente sobre a qualidade da aplicação, assim como a calda fitossanitária. Para este autor, maiores IAFs, como o demonstrado pela variedade de ciclo precoce em comparação com a de ciclo médio, assim como o grau de ramificação, a estrutura das plantas e o tamanho e distribuição das folhas, dificultam a penetração da calda no interior do dossel da cultura, interferindo na deposição de gotas e cobertura dos alvos. No presente trabalho pode-se considerar a variedade de ciclo médio como mais bem disposta visando a deposição da calda fitossanitária, independente da mistura.

O acréscimo de componentes às misturas fitossanitárias, capazes de otimizar as aplicações, pode amenizar diferenças entre as variedades, pois favorecem a penetração de gotas mesmo em locais de mais difícil acesso nos alvos. Este fato é nítido quando se observa a melhoria na deposição de calda nos tratamentos GL e OM (Tabela 3), devido à presença de adjuvantes em suas formulações e composições, nas duas metades das plantas independente da variedade.

Landim (2018) avaliou as taxas de aplicação de 77 e 146 L ha<sup>-1</sup>, associadas aos adjuvantes óleo mineral e óleo vegetal, em pulverizações do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, e também verificou melhorias nos depósitos de calda com a adoção do adjuvante óleo mineral. Estes resultados são justificados por este autor através dos impactos positivos das misturas do fungicida com este adjuvante sobre os espectros de gotas, com melhores distribuições e espalhamentos sobre os alvos, além de menores quantidades de gotas propícias a se perderem por deriva.

### **3.1.2. Perdas de calda para o solo**

Enquanto no experimento com a variedade de ciclo precoce foi possível notar quantidades maiores de perdas (0,88 µg cm<sup>-2</sup>) com os tratamentos OM, com a variedade de ciclo médio não ocorreram diferenças de perdas entre os tratamentos (Tabela 4). Estes resultados, se relacionados aos apresentados na Tabela 3, demonstraram maiores perdas de

calda nas aplicações das misturas com maiores deposições também sobre os alvos, o que pode ser contraditório.

Esta contradição pode ser explicada devido a sua persistência somente na variedade de ciclo precoce, pois apesar desta apresentar um maior IAF, ambas as variedades ainda se encontravam com o espaçamento entre linhas descoberto em R1, isto é, não apresentavam dossel totalmente fechado, com passagem aberta às gotas de pulverização para o solo. Houve também influência da arquitetura das plantas e da disposição das folhas, provavelmente com maneira mais favorável para a deposição das gotas na variedade de ciclo médio, inclusive impossibilitando diferenças entre os tratamentos para a variável de perdas para o solo nesta cultivar.

**Tabela 4** – Perdas para o solo ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ), após aplicações de misturas fungicidas, em sojas de ciclo precoce e médio, para controle de doenças de final de ciclo (DFCs)

Tratamento	Ciclo precoce	Ciclo médio
FG	0,34 a	0,45
GL	0,45 ab	0,62
OM	0,88 b	0,60
AP	0,54 ab	0,62
OL	0,38 a	0,51
Fc	4,43*	0,55 <sup>ns</sup>
W	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>
F <sub>Levene</sub>	<b>1,96</b>	<b>0,85</b>
F <sub>Aditividade</sub>	<b>0,69</b>	<b>4,28</b>
C.V. (%)	39,33	36,82

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Fc: valor de F calculado; W; F<sub>Levene</sub>; F<sub>Aditividade</sub>: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, de Levene e de Tukey para aditividade, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e blocos com efeitos aditivos a 0,01. \*significativo a 0,05. <sup>ns</sup>não significativo.

Lidório (2021) ao estudar os custos monetários dos equívocos da perda de eficiência das aplicações e eficácia do manejo fitossanitário, por meio de meta análises, a fim de ampliar a conscientização prática dos profissionais da tecnologia de aplicação e produtores rurais, constatou perdas na ordem de 40% dos fungicidas aplicados para controle de doenças em soja. Estes resultados se refletem na avaliação de perdas de calda (Tabela 4), na qual o tratamento OM apresentou a maior perda para o solo nas aplicações em sojas de ciclo precoce, mesmo tendo sido este um dos tratamentos mais eficazes (Tabela 3), muito provavelmente devido a arquitetura e estágio fenológico da cultura.

Muller et al. (2018), ao avaliarem deposições de produtos fitossanitários no dossel de variedades de soja, associando as eficiências das aplicações e as eficácias de controle de



doenças com a arquitetura das plantas e os movimentos heliotrópicos de seus folíolos no decorrer do dia e em vários estádios fenológicos, confirmaram a importância dos ângulos das folhas e da arquitetura das plantas na penetração de gotas até a metade inferior dos alvos, inclusive com possibilidades de perdas de calda durante as aplicações. Para estes autores, as deposições de calda variam de acordo com a cultivar, seus estádios fenológicos e os movimentos heliotrópicos, havendo variedades com arquiteturas mais propícias a serem atingidas pelas aplicações, com menores perdas para o ambiente. Muller et al. (2018) relacionaram então as restrições de penetração das gotas no dossel da cultura, bem como as reduções de deposições de gotas, às perdas de ingredientes ativos para o ambiente e reduções de eficácia de controle.

Mesmo assim, além de considerarmos os comportamentos das variedades de soja, é possível notar também a ocorrência de perdas de produtos para o solo semelhantes entre as caldas, especialmente OL e FG na soja de ciclo precoce (Tabela 4). Além disso, na soja de ciclo médio, a adição de adjuvantes não reduziu esta variável em relação à FG, na qual não havia aditivos. De maneira semelhante, Cunha et al. (2020), ao estudarem deposições de calda no dossel de feijoeiro e as perdas para o solo em aplicações terrestres através de duas pontas de pulverização, jato plano e jato cônico cheio, e misturas com e sem um adjuvante multifuncional, constataram, apesar das melhorias de deposição de calda sobre os alvos a partir das misturas com adjuvantes, perdas de gotas para o solo semelhantes, independente da mistura avaliada.

Estes resultados demonstram necessidades de melhoria em relação à tecnologia de aplicação, principalmente na utilização de adjuvantes redutores de deriva e outras técnicas para redução de perdas, a fim de não só aperfeiçoar as deposições de calda sobre os alvos, mas também evitar contaminações ambientais e prejuízos econômicos.

## **3.2. Eficácia de controle**

### **3.2.1. Severidade de doenças**

Para a área abaixo da curva de progresso das doenças (AACPD), todos os tratamentos reduziram a severidade de doenças, em comparação com a testemunha sem aplicação, não ocorrendo diferenças entre as caldas analisadas (Tabela 5). As testemunhas, durante todo o ciclo da cultura, apresentaram severidades no experimento com soja precoce entre 3,81% a 5,11%, e no experimento com soja de ciclo médio entre 1,57% a 5,25%. Estes baixos valores

de severidade foram característicos da região de instalação dos experimentos e da safra em questão, nos quais as lavouras do Triângulo Mineiro não apresentaram altas severidades de doenças.

**Tabela 5** – Área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD) de final de ciclo, em soja de ciclos precoce e médio, submetidas a diferentes tratamentos com misturas fungicidas, nas duas áreas experimentais

Caldas	Ciclo precoce	Ciclo médio
FG	81,12 a	94,64 a
GL	84,76 a	91,49 a
OM	85,86 a	77,50 a
AP	103,30 a	85,35 a
OL	103,11 a	101,00 a
Test.	223,77 b	179,04 b
Fc	9,36*	29,48*
W	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>
F <sub>Levene</sub>	<b>2,39</b>	<b>2,40</b>
F <sub>Aditividade</sub>	<b>0,10</b>	<b>0,24</b>
C.V. (%)	31,51	13,08

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05. Fc: valor de F calculado; W; F<sub>Levene</sub>; F<sub>Aditividade</sub>: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, de Levene e de Tukey para aditividade, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e blocos com efeitos aditivos a 0,01. \* significativo a 0,05.

De maneira semelhante ao presente trabalho, Gabardo et al. (2022) também avaliaram diferentes aplicações de fungicidas acibenzolar metílico, azoxistrobina + ciproconazol + óleo mineral, além de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* e fertilizantes foliares a base de cálcio, cobre, manganês e zinco, no manejo de DFCs na cultura da soja, e constataram a eficácia de controle destas doenças com o uso do fungicida azoxistrobina + ciproconazol + óleo mineral, além do incremento da produtividade da lavoura.

No presente trabalho, as caldas com adjuvantes em mistura, mesmo tendo melhores deposições de calda em comparação a FG (Tabela 3), não resultaram menores AACPDs, provavelmente devido à baixa severidade de doenças. Em situações de maior severidade da doença, maiores deposições de calda poderiam diferenciar os tratamentos e resultar em maior eficácia de controle entre as misturas.

Nascimento et al. (2018) realizaram experimentos para avaliar o efeito de adjuvantes a base de óleo mineral, óleo vegetal e silicone, em misturas ao fungicida picoxistrobina + ciproconazol no manejo de ferrugem asiática da soja, e comprovaram reduções das AACPDs com as aplicações, independente do adjuvante, com ganhos de produtividade, massas de mil grãos e reduções de desfolha. Segundo estes autores, o manejo de doenças é favorecido em

safras com menores índices pluviométricos e menores incidências de doenças, por isso a dificuldade de detectar diferenças entre alguns tratamentos, assim como no presente trabalho.

### 3.2.2. Atributos de produtividade

Apesar de não ocorrer interação entre as caldas analisadas e os ciclos das sojas utilizadas nos experimentos, em relação à produtividade e massa de mil grãos, estas variáveis foram influenciadas por estes parâmetros (Tabela 6). Como característica das variedades de sojas utilizadas, nota-se maior produtividade para a variedade de ciclo médio, com 3426 kg ha<sup>-1</sup>, em comparação a variedade precoce com 3087,6 kg ha<sup>-1</sup>. Apesar disso, em relação a massa de mil grãos o resultado foi inverso, com grãos mais pesados como característica da soja de ciclo precoce, porém isto não resultou em maior produtividade.

Sobre os tratamentos aplicados, por sua vez, os atributos de produtividade foram superiores nos tratamentos com adjuvantes, tendo os tratamentos OM e OL proporcionado os melhores tetos produtivos, e AP com maior PMG.

**Tabela 6** – Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e massa de mil grãos (PMG, g), em soja de ciclos precoce e médio, submetidas a diferentes tratamentos com misturas fungicidas, nas duas áreas experimentais

Caldas	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			PMG (g)		
	Ciclo precoce	Ciclo Médio	Média	Ciclo precoce	Ciclo médio	Média
FG	3243,60	3272,40	3258,00 ab	151,30	149,54	150,42 ab
GL	2748,00	3367,20	3057,60 ab	157,45	144,95	151,20 ab
OM	3175,80	3871,20	3523,50 a	153,99	154,27	154,13 ab
AP	3192,00	3412,80	3302,40 ab	165,55	149,99	157,77 a
OL	3368,40	3822,00	3595,20 a	156,98	147,55	152,27 ab
Test.	2799,00	2809,80	2804,40 b	149,70	139,05	144,37 b
Média	3087,60 B	3426,00 A		155,83 A	147,56 B	
W		<b>0,97</b>			<b>0,99</b>	
F <sub>Levene Caldas</sub>		<b>1,46</b>			<b>0,50</b>	
F <sub>Levene Ciclos</sub>		<b>1,14</b>			<b>2,78</b>	
F <sub>Aditividade</sub>		<b>0,00</b>			<b>0,02</b>	
C. V. (%)		13,94			4,74	

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. W; F<sub>Levene Caldas</sub> e F<sub>Levene Ciclos</sub>; F<sub>Aditividade</sub>: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, de Levene, para caldas e para ciclos, e de Tukey para aditividade, respectivamente. C.V.: coeficiente de variação. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e blocos com efeitos aditivos a 0,01.

Tanto foram eficazes as aplicações de fungicidas para o manejo de DFCs, que em média as misturas resultaram produtividade de 3347,34 kg ha<sup>-1</sup>, 16% a mais em comparação à

testemunha sem aplicação. Porém, entre as misturas, somente OM e OL se diferenciaram da testemunha, quanto a esta variável. Estes resultados são justificados na eficiência das aplicações com estas caldas, compostas por adjuvantes otimizadores das deposições e redutores de perdas de gotas. No caso de OM, a mistura do fungicida com o óleo mineral resultou nas maiores deposições de calda (Tabela 3). Já no caso de OL, o acréscimo de óleo de laranja implicou em uma das menores perdas de gotas para o solo (Tabela 4).

De maneira semelhante ao presente trabalho, Zanatto et al. (2018) ao avaliarem a eficácia de nove fungicidas comerciais, dentre eles a mistura de azoxistrobina com ciproconazol, no manejo de DFCs na cultura da soja, constataram menores AACPDs com as aplicações fitossanitárias em comparação a testemunha sem tratamento. Este fato, porém, não implicou necessariamente em ganhos de produtividade, inclusive sem diferenças entre a aplicação de azoxistrobina + ciproconazol e a testemunha, apesar de uma maior massa de mil grãos para o tratamento com este fungicida. Nos resultados destes autores, o fungicida a base de picoxistrobina + ciproconazol foi o mais eficaz no manejo das DFCs, possibilitando ganhos de produtividade para a cultura. Estes resultados de Zanatto et al. (2018) poderiam ser diferentes se a mistura de azoxistrobina com o ciproconazol fosse otimizada através do acréscimo de algum adjuvante, assim como ocorreu no presente trabalho.

Sobre AP, apesar da mistura do fungicida com o ácido propiônico também ter se mostrado eficaz no controle das DFCs, com redução da AACPD (Tabela 5) e o melhor PMG (Tabela 6), único diferente da testemunha sem aplicação, esta calda não proporcionou ganhos expressivos de produtividade. Estes resultados podem ser justificados devido à característica das variedades estudadas, para as quais o PMG não se mostrou a variável mais influente à produtividade das plantas de soja.

Dessa mesma maneira, Peres et al. (2020) também avaliaram o efeito de adjuvantes (óleo mineral, óleo vegetal e óleo de laranja) na eficácia de fungicidas no controle de doenças na cultura da soja e não constataram aumentos de produtividade a partir destas aplicações, apesar de terem verificados ganhos de eficácia em relação a menores AACPDs e maiores massas de mil grãos nos resultados de aplicações destes fitossanitários com adjuvantes a base de óleo de laranja. Estes autores atribuíram as semelhanças estatísticas averiguadas entre os tratamentos em relação à testemunha sem aplicação devido à baixa severidade de doenças foliares, como as DFCs, fato também ocorrido no presente trabalho.

Essa baixa severidade é justificada por Peres et al. (2020) pelas condições climáticas inadequadas para o desenvolvimento pleno dos patógenos na cultura, ou seja, baixos índices pluviométricos na região, dificultando a incidência de doenças. Esse fato também ocorreu na

safra 2020/2021 na região do Triângulo Mineiro, onde foi desenvolvido o presente trabalho, na qual esta safra apresentou o menor volume acumulado de precipitação nos últimos dez anos, tendo chovido quase 20% a menos que a média desta última década (AGRITEMPO, 2022).

#### **4 CONCLUSÕES**

A deposição de calda no dossel da soja depende da interação entre a variedade semeada e as características da solução empregada.

A mistura de fungicida com glifosato e com óleo mineral favorecerem a deposição sobre o dossel da soja.

As aplicações de fungicida, independente das misturas, foram eficazes no manejo de doenças de final de ciclo em soja nas duas variedades, proporcionando ganhos de produtividade em comparação a testemunha sem aplicação.

## REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (org.). **Tecnologias de produção de soja**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 281-292.
- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: [www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=MG](http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=MG). Acesso em: 30 ago. 2022.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; HENCHEN, M. E.; JESUS, I. J.; MOURA, R. F.; CARNEIRO, A. O. T.; OLIVEIRA, E. J. C.; VILELA, J. P. M.; BORGES, S. R. C.; ROCHA, S. A.; PICININI, M.; BATISTA, M. F. Performance de programas fúngicos conduzidos no Sudoeste Goiano para controle de doenças na cultura da soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, p. 100742-100749, 2021.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte/FEPAF, 2019. p. 283 – 302.
- ARAÚJO JÚNIOR, I. P. **Controle químico de manchas foliares em diferentes cultivares de soja**. 2021. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.
- CAMPBELL, C. Lee et al. **Introduction to plant disease epidemiology**. 1. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons., 1990. 532 p.
- CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; NETO, G. Z.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; CUNHA, F. N.; CORRÊA, F. R.; MARTINS, G. R. Uso do indutor de resistência associado a diferentes fungicidas na cultura da soja. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2022.
- CHECHI, A.; DEUNER, C. C.; FORCELINI, C. A.; BOLLER, W. Asian soybean rust control in response to rainfall simulation after fungicide application. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2021.
- CHECHI, A.; FORCELINI, C. A.; BOLLER, W. Spray volumes and fungicide rates on Asian soybean rust control. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 45, n. 3, p. 255-260, 2019.
- CUNHA, G.; OLIVEIRA, C. A. A.; ALVES, T. C.; LIMA, L. P.; CUNHA, J. P. A. R. Influência de pontas de pulverização e adjuvante na tecnologia de aplicação de fitossanitários na cultura do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 17, n. 34, p. 205-222, 2020.
- GABARDO, G.; PRIA, M. D.; CARNEIRO, D. E.; BARBOSA, E. A. A. Respostas fisiológicas das cultivares de soja NA5909 e TMG7062 submetidas a diferentes produtos para

controle de doenças fúngicas em campo. **Brazilian Journal of Development** Curitiba, v. 6, n 3, p 15673-15689, 2020.

GABARDO, G.; PRIA, M. D.; SILVA, H. L.; HARMS, M. G. Alternative products to control late season diseases in soybeans. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.52, n. 2, p. 1-6, 2022.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja. 2014. 76 p.

KNORR, K.; JORGENSEN, L. N.; NICOLAISEN, M. Fungicides have complex effects on the wheat phyllosphere mycobiome. **PloS ONE**, São Francisco, v. 14, n. 3, p. 1-16, 2019.

LANDIM, T. N. **Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja**. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LIDÓRIO, H. F. **Estimativa do impacto das perdas devido ao uso inadequado da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da cultura da soja**. 2021. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

MARTINS, M. C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Escala Diagramática para a Quantificação do Complexo de Doenças Foliares de Final de Ciclo em Soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília-DF, v. 29, n. 2, p.179-184, 2004.

MORAES, H. M. F.; COSTA, J. O.; PEREIRA, G. A. M.; SOUZA, W. M.; PAIXÃO, G. P. Physical compatibility and stability of pesticide mixtures at different spray volumes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2019.

MOURA, B. **Ferrugem asiática da soja: interações entre cultivares e volumes de calda no controle da doença e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 2018. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

MULLER, M.; RAKOCEVIC, M.; CAVERZAN, A.; BOLLER, W.; CHAVARRIA, G. Architectural characteristics and heliotropism may improve spray droplet deposition in the middle and low canopy layers in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 58, n. 1, p. 2028-2041, 2018.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MELO, E. P.; LEONEL, R. K. Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados a fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 40, p. 95-104, 2018.

PERES, D. M.; GHELLER, J. A.; MENEGATI, C. T.; LAURETH, J. C. U.; BISCA, G.; BARBOSA, J. Z.; XIMENES, B. F.; BECKERS, M. J. Adjuvantes aliados à aplicação de fungicidas na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. Mercado e Pesquisa, n. 1, p. 1-13, 2020.



R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

SANTOS, M. L. M. **Volume de calda e horário da aplicação no controle de doenças na cultura da soja (*Glycine max*)**. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, n. 1, p.1051-1056, 1977.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed., New York: W. H. Freeman, 1995. 937 p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

VIEGAS NETO, A. L.; SOUZA, C. M. A.; LIMA JÚNIOR, I. S.; PILETTI, L. M. M.; MARTINS, K. J. E.; BETONCELLO, B. F. Spray solution deposition and Asian rust control in soybean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 12, p. 862-867, 2021.

XAVIER, W. D.; SILVA, J. V. S.; GUIMARÃES, C. M.; FERREIRA, J. L. S.; TUROZI, T. A.; COLODEL, S. Use of Copper-Based Pesticides to Control Fungal Diseases of Soybean in Northern Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, West Bengal, v. 33, n. 2, p. 1-10, 2019.

ZHAO, R.; YU, M.; SUN, Z.; LI, L. J.; SHANG, H. Y.; XI, W. J.; WU, X. M. Using tank-mix adjuvant improves the physicochemical properties and dosage delivery to reduce the use of pesticides in unmanned aerial vehicles for plant protection in wheat. **Pest Management Science**, Londres, v. 78, n. 1, p. 1582–15593, 2022.

ZANATTO, I. B.; BONALDO, S. M.; PEREIRA, C. S. Fungicidas e extrato etanólico de própolis no controle de doenças de final de ciclo da cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 165-174, 2018

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática da mistura de produtos nos tanques de pulverização aumenta a responsabilidade do profissional da tecnologia de aplicação em seus posicionamentos, diante das complexidades dos efeitos destas caldas. No entanto, a necessidade de otimizar as aplicações, na busca por manejos fitossanitários sustentáveis, implica no entendimento aprofundado destas técnicas e seus aprimoramentos no campo.

O entendimento dos efeitos e resultados das caldas sobre o desempenho das tecnologias de aplicação é muito complexo, inclusive com possíveis interações das misturas com as variedades e até mesmo com as culturas envolvidas.

Por isso, para embasar a prática das misturas em tanque, o profissional deve atentar-se para as composições e formulações dos produtos envolvidos, além de considerar o número de moléculas na calda, haja vista que quanto mais ativos misturados, maior será a complexidade das soluções e mais inesperados serão os seus efeitos.

A presente tese trouxe informações para dúvidas pertinentes no campo a respeito das caldas fitossanitárias, especialmente acerca das incompatibilidades de misturas. Os resultados aqui apresentados deixaram claro que as incompatibilidades físicas e químicas não estão necessariamente relacionadas entre si, podendo ou não ocorrer simultaneamente.

Apesar das incompatibilidades físicas serem visíveis, elas podem ser menos recorrentes. É extremamente importante considerar os riscos de incompatibilidades químicas. Como ainda existem muitas dúvidas sobre possíveis efeitos negativos das misturas em tanque, dois pontos sobre incompatibilidades químicas precisam ficar registrados, sobre pH de produtos e caldas: 1. Atenção quanto a mistura de produtos com faixas de pH discrepantes entre si, pois podem ocorrer incompatibilidades químicas entre produtos ácidos e alcalinos; 2. Atenção quanto a mistura de glifosato com fungicidas em geral, devido as faixas discrepantes de pH e as possibilidades de prejuízos à absorção de moléculas.

Por fim, com certeza as misturas fitossanitárias influenciam o desempenho das tecnologias de aplicação, porém ainda há muitos pontos a serem respondidos neste âmbito. Por isso, novos estudos precisam ser desenvolvidos sobre os efeitos das caldas, para respaldar tecnicamente o profissional do campo neste assunto.

## APÊNDICE A

**Tabela 1** – Estabilidade física dos produtos individuais em soluções aquosas, em diferentes tempos de observação

Produtos	Tempo (horas após o preparo da mistura)			
	0	2	6	24
Azoxis + Cipro	-	-	-	+
Triflox. + Prot. + Bixafen	-	-	-	+
Mancozebe	+	+	+	+
Sal de Potássio	-	-	-	-
Sal de Amônio	-	-	-	-
Sal Isopropilamina	-	-	-	-
Óleo mineral	-	-	-	-
Ácido Propiônico	+	+	+	+
Óleo de laranja	-	-	-	-
Cloreto de Mn	-	-	-	-
Mn em EDTA	-	-	-	-
Mn em Ác. Cítrico	-	-	-	-
Água	-	-	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor. (-) Estabilidade física da calda; (+) Instabilidade física da calda.

## APÊNDICE B

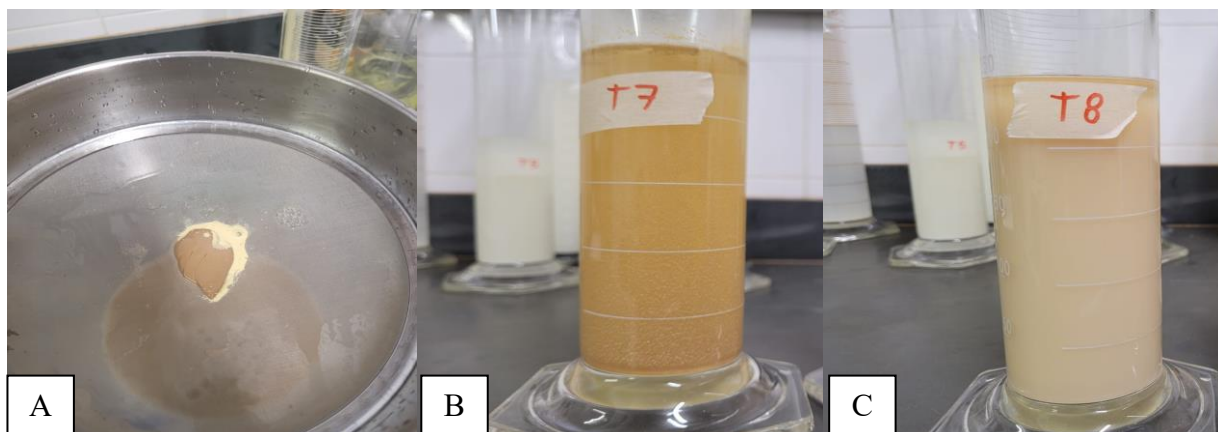
**Tabela 1** – Características físico-químicas dos produtos individuais, os quais comporam as misturas duplas nos experimentos seguintes

Produtos	pH	Cond. Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Tensão superficial (mN $\text{m}^{-1}$ )
Azoxis + Cipro	8,27 a	75,00 e	40,94 e
Trif. + Prot. + Bixafen	7,33 b	76,44 e	42,82 e
Mancozebe	7,10 b	659,97 c	61,97 b
Glif. Sal de potássio	4,47 e	1951,05 a	43,94 e
Glif. Sal de amônio	3,67 f	1966,67 a	49,20 d
Glif. Sal Isopropilamina	4,43 e	1985,00 a	43,94 e
Óleo mineral	6,73 c	81,00 e	41,31 e
Ácido Propiônico	3,60 f	129,67 d	46,57 d
Óleo de laranja	7,13 b	99,33 d	46,95 d
Cloreto de Mn	6,90 b	1998,67 a	56,34 c
Mn em EDTA	6,40 d	1996,00 a	54,83 c
Mn em Ácido Cítrico	3,00 g	1538,67 b	53,71 c
Água	7,20 b	68,30 f	72,00 a
C. V. (%)	1,93	1,92	3,66
F <sub>c</sub>	722,27*	7304,60*	74,06*
W	0,81	0,77	<b>0,97</b>
F <sub>Levene</sub>	<b>0,65</b>	<b>2,33</b>	<b>0,34</b>

Fonte: Elaborada pelo autor. Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação. F<sub>c</sub>: valor de F calculado. W; F<sub>Levene</sub>: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. \*significativo a 0,01. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01.

## APÊNDICE C

**Figura 1** – Incompatibilidades de mistura entre o fungicida mancozebe com as fontes de glifosato: A) mancozebe + glifosato em sal de potássio; B) mancozebe + glifosato em sal de amônio; C) mancozebe + sal isopropilamina.



Fonte: Imagens do próprio autor.

**Figura 2.** – Incompatibilidades de mistura entre o fungicida mancozebe com o cloreto de Mn.



Fonte: Imagens do próprio autor.

**Figura 3** – Incompatibilidades de mistura entre as fontes de glifosato e o cloreto de Mn: A) glifosato em sal de potássio; B) glifosato em sal de amônio; C) glifosato em sal isopropilamina.



Fonte: Imagens do próprio autor.