

**LUCAS DANIEL PIMENTA**

**INTERFERÊNCIA DE DIFERENTES ADJUVANTES NO ESPECTRO DE GOTAS  
GERADO POR PONTA DE JATO CÔNICO NA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS  
CONTENDO DEFENSIVOS DE FORMULAÇÃO SUSPENSÃO CONCENTRADA**

**Botucatu**

**2025**



**LUCAS DANIEL PIMENTA**

**INTERFERÊNCIA DE DIFERENTES ADJUVANTES NO ESPECTRO DE GOTAS  
GERADO POR PONTA DE JATO CÔNICO NA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS  
CONTENDO DEFENSIVOS DE FORMULAÇÃO SUSPENSÃO CONCENTRADA**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus  
de Botucatu, para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador(a): Prof. Dr. Ulisses Rocha  
Antuniassi

**Botucatu**

**2025**

P644i	<p>Pimenta, Lucas Daniel</p> <p>Interferência de diferentes adjuvantes no espectro de gotas gerado por ponta de jato cônico na pulverização de caldas contendo defensivos de formulação suspensão concentrada / Lucas Daniel Pimenta. -- Botucatu, 2025</p> <p>55 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi</p> <p>1. Tecnologia de aplicação. 2. defensivos vegetais. 3. Surfactantes. 4. diâmetro mediano volumétrico (DMV). 5. emulsificantes. I. Título.</p>
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Câmpus de Botucatu



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

**INTERFERÊNCIA DE DIFERENTES ADJUVANTES NO ESPECTRO DE GOTAS GERADO POR PONTA DE JATO CÔNICO NA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS CONTENDO DEFENSIVOS DE FORMULAÇÃO SUSPENSÃO CONCENTRADA**

AUTOR: LUCAS DANIEL PIMENTA

ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / FCA UNESP Botucatu



Documento assinado digitalmente  
ULISSES ROCHA ANTUNIASSI  
Data: 29/07/2025 12:35:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. RODOLFO GLAUBER CHECHETTO (Participação Virtual)  
. / AgroEfetiva Serviços SS Ltda.



Documento assinado digitalmente  
RODOLFO GLAUBER CHECHETTO  
Data: 29/07/2025 13:20:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS (Participação Virtual)  
Engenharia Rural e Socioeconomia / FCA UNESP Botucatu



Documento assinado digitalmente  
KLEBER PEREIRA LANÇAS  
Data: 29/07/2025 18:33:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Botucatu, 29 de julho de 2025.



**Dedico:**

À minha mãe, que me ensinou a contar nos dedos;  
Ao meu pai, que me ensinou a fazer conta de cabeça;  
Às minhas irmãs, que me ensinaram a contar com Deus;  
E à minha família e amigos, que são com quem eu conto.

*In memoriam* Everton Ap. Santos.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, que abriu tantas portas e me guiou na realização deste sonho. A minha família: meu pai Gilberto, minha mãe Jânia, minhas irmãs Ana e Luana, e minhas sobrinhas Vitória e Cecília, vocês são o alicerce que me fez chegar até aqui e quem me ajudou a me tornar quem sou hoje.

À República Abre-Lacre, pelos amigos que fiz, que me ensinaram muito sobre a vida e a convivência. Sou profundamente grato por todas as histórias vividas e risadas, especialmente Hugo S. e Vinícius A.

Ao querido Prof. Dr. Ulises Antuniassi, sou eternamente grato pela orientação, pelos ensinamentos, pela paciência infinita e pelas valiosas dúvidas sanadas, seja sobre carros, tecnologia de aplicação ou mesmo sobre a vida.

Meu sincero agradecimento aos membros do Grupo de Tecnologia de Aplicação, por todas as lições e experiências compartilhadas. Em especial, agradeço ao Gabriel e à Gabriela, com quem comecei essa jornada. E também à Andréia P., Adevaír B., Larissa G., Laryssa B., Marcelo M., Maria Eduarda, Michael A., Miguel E. e Taynara. À equipe da AgroEfetiva, em especial ao Dr. Alisson A. Mota, Dr. Rodolfo G. Chechetto, Ms. Vítor Romani e Jeisiane, por toda a parceria, pelas tantas lições e pela colaboração incansável, que me aproximou da tecnologia de aplicação.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Kléber e Prof. Dr. Paulo Arbex, pelo comprometimento e pelas sugestões que enriqueceram esta pesquisa.

Agradeço Gabriella M., minha namorada, que na realização desse sonho não apenas me incentivou, mas viveu tudo isso ao meu lado. Seu amor e companheirismo ajudou a superar as dificuldades e a materializar este trabalho.

À todas as pessoas que cruzaram meu caminho e puderam fazer parte da minha história. Eu sou porque nós somos.

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001. Meu agradecimento sincero por possibilitar este sonho.



“É Justo que muito custe o que muito vale”.

Santa Teresa de Jesus



## RESUMO

A adição de adjuvantes agrícolas às caldas de pulverização visa modificar as propriedades físico-químicas, como tensão superficial e viscosidade, para otimizar a eficiência dos defensivos. Contudo, a interação específica entre a formulação do defensivo e a composição do adjuvante pode resultar em alterações indesejadas do espectro de gotas, incluindo o aumento do risco de deriva. Para investigar estas interações, o presente trabalho avaliou, por meio de delineamento fatorial duplo (5x5), cinco caldas de pulverização, sendo quatro delas com diferentes adjuvantes (Ochima<sup>®</sup>, TA 35 Gold<sup>®</sup>, Surfom ADJ 8860<sup>®</sup> e Silwet<sup>®</sup> Li-77) e uma calda sem adjuvante combinados com cinco defensivos comerciais formulados como Suspensão Concentrada (Ampligo<sup>®</sup>, Minecto Pro<sup>®</sup>, Miravis<sup>®</sup>, Priori XTRA<sup>®</sup> e Calaris<sup>®</sup>) e pulverizadas com uma ponta de jato cônico, modelo MGA<sup>®</sup> 90°. Houve interação significativa entre os adjuvantes e os defensivos SC sobre os parâmetros do espectro de gotas, indicando que o efeito de cada adjuvante foi dependente do defensivo presente na calda, e vice-versa. Dentre os adjuvantes, o Ochima<sup>®</sup> foi o único que aumentou o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e reduziu o percentual de gotas menores que 100 µm (V100) em mistura com todos os cinco defensivos avaliados.

**Palavras-chaves:** amplitude relativa (AR); diâmetro mediano volumétrico (DMV); emulsificantes; surfactantes; tecnologia de aplicação;



## ABSTRACT

The addition of agricultural adjuvants to spray solutions aims to modify physicochemical properties, such as surface tension and viscosity, to optimize pesticide efficacy. However, the specific interaction between the pesticide formulation and the adjuvant's composition can lead to undesirable changes in the droplet spectrum, including an increased drift risk. To investigate these interactions, this study evaluated, through a 5x5 factorial design, five spray solutions—four with different adjuvants (Ochima<sup>®</sup>, TA 35 Gold<sup>®</sup>, Surfom ADJ 8860<sup>®</sup>, and Silwet<sup>®</sup> Li-77) and one without an adjuvant—combined with five commercial pesticides formulated as Suspension Concentrates (Ampligo<sup>®</sup>, Minecto Pro<sup>®</sup>, Miravis<sup>®</sup>, Priori XTRA<sup>®</sup> and Calaris<sup>®</sup>), sprayed through a hollow cone nozzle, model MGA<sup>®</sup> 90°. There was a significant interaction between the adjuvants and the SC pesticides on the droplet spectrum parameters, indicating that the effect of each adjuvant was dependent on the pesticide present in the tank mix, and vice-versa. Among the adjuvants, Ochima<sup>®</sup> was the only one that increased the Volume Median Diameter (VMD) and reduced the percentage of droplets smaller than 100 µm (V100) in mixture with all five evaluated pesticides.

**Keywords:** application technology; emulsifiers; relative span (RS); surfactantes; volume median diameter (VMD);



## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração esquemática de uma formulação do tipo Suspensão Concentrada (SC), composta por partículas sólidas de ingredientes ativos dispersa em fase aquosa contínua .....	25
Figura 2 - Comparação dos padrões de pulverização gerado por pontas de jato cônico cheio e vazio, com destaque para o mecanismo disco e difusor .....	29
Figura 3 - Pontas de pulverização modelo MGA 90 <sup>o</sup> ® (Magnojet® Gotas Atomizadas) nas vazões 015 e 02.....	30
Figura 4 - Equipamento Sympatec Helo KR-Vario .....	36
Figura 5 - Sistema de Pulverização. Na imagem, tanque de pulverização de 8 litros, Pentajet e manômetro e ponta de pulverização.....	37



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação funcional, classe e função dos adjuvantes agrícolas.	26
Tabela 2 - Classificação do tamanho de gotas com base no Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).	28
Tabela 3 - Vazões e cores de pontas de pulverização segundo norma ISO 10.626 a 40 lb pol <sup>-2</sup> ou 243 kPa.	28
Tabela 4 - Composição dos tratamentos analisados para a leitura do espectro de gotas com o Sympatec Helos.	34
Tabela 5 - Defensivos agrícolas com formulação do tipo Suspensão Concentrada (SC) utilizados na avaliação do espectro de gotas ....	35
Tabela 6 - Características dos adjuvantes utilizados quanto à composição, formulação e indicação de uso.	35
Tabela 7 - Valores médios de diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.	39
Tabela 8 - Valores médios de percentual volumétrico de gotas menores que 100 micrômetros (V100) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.	43
Tabela 9 - Valores médios de amplitude Relativa (AR) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.	46



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
2.1 Tecnologia de Aplicação .....	23
2.2 Formulação Suspensão Concentrada (SC).....	24
2.3 Adjuvantes.....	25
2.4 Pontas de Pulverização .....	27
2.4.1 Ponta de Jato Cônico .....	29
2.5 Espectro de Gotas .....	30
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
3.1 Local da pesquisa .....	33
3.2 Tratamentos.....	33
3.3 Análise do Espectro de gotas .....	36
3.3.1 Analisador de partículas Sympatec Helos.....	36
3.3.2 Sistema de Pulverização .....	37
3.3 Delineamento experimental e análise estatística .....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
4.1 Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) .....	39
4.1.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo no DMV .....	39
4.1.2 Efeito dos Adjuvantes Surfactantes no DMV .....	41
4.2 Percentual volumétrico de Gotas Menores que 100 Micrômetros (V100) 43	
4.2.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo no V100.....	43
4.2.2 Efeito dos Adjuvantes Surfactantes no V100.....	44
4.3 Amplitude Relativa (AR) .....	45
4.1.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo na AR .....	46
4.1.2 Efeito dos Adjuvantes Surfactantes na AR .....	47
4.4 Considerações Finais .....	48
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas é uma das principais estratégias para a produção convencional de alimentos, fibras e bionergia. A eficácia e a segurança deste método estão diretamente relacionadas à qualidade da tecnologia de aplicação empregada. Para atingir o nível de qualidade desejado, os adjuvantes agrícolas atuam como ferramentas capazes de otimizar o processo de pulverização ao modificar as propriedades físico-químicas da calda, como tensão superficial, viscosidade e espalhamento.

O uso de adjuvantes para otimizar a pulverização agrícola remonta à década de 1940, com a introdução de surfactantes para aprimorar a deposição e a cobertura das gotas. Desde então, sua adoção evoluiu de uma prática complementar para um componente estratégico na agricultura moderna, fundamental para potencializar a eficácia de defensivos agrícolas. A função desses compostos é modificar as propriedades físico-químicas da calda para intensificar a resposta biológica do alvo. Contudo, o desempenho de um adjuvante não é intrínseco ao produto, mas o resultado de sua interação com os demais componentes da calda, como, por exemplo, a formulação do defensivo agrícola.

A adição de adjuvantes de forma indiscriminada e sem o conhecimento prévio dessa interação pode comprometer a aplicação. A ausência de compatibilidade entre adjuvantes e formulações comerciais pode causar problemas físico-químicos, como separação de fases e a precipitação do ingrediente ativo, ou ainda, alterar o espectro de gotas de maneira que aumente o potencial risco de deriva da pulverização.

Diante da complexidade dessas interações, a delimitação de um cenário experimental relevante foi um pilar deste trabalho. Por isso, o foco foi direcionado às formulações do tipo Suspensão Concentrada (SC), por ser a tecnologia de formulação líquida para ingredientes ativos insolúveis em água, uma das formulações mais usadas na agricultura. Em paralelo, a seleção da ponta de pulverização de jato cônico se deu por sua ampla adoção em campo para a aplicação de defensivos de contato, como fungicidas e inseticidas, que exigem maior cobertura do alvo. A escolha desses dois componentes, de alta representatividade agrônômica, visa garantir a validade externa e a aplicabilidade prática dos resultados obtidos.

Uma vez definida a composição da calda, o resultado final da interação defensivo e adjuvante se materializa no momento da pulverização, no qual a ponta desempenha um papel decisivo na formação do espectro de gotas. A ponta não atua

de forma isolada, visto que seu desempenho é diretamente influenciado pelas propriedades da calda que a atravessa, o que impacta tanto a eficácia do controle quanto o risco de deriva. Portanto, a compreensão da interação entre formulação, adjuvante e a ponta de pulverização é fundamental para o desenvolvimento de aplicações de defensivos agrícolas que sejam, ao mesmo tempo, seguras e eficazes.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o efeito da adição de diferentes adjuvantes no espectro de gotas de cinco defensivos agrícolas formulados como Suspensão Concentrada (SC), pulverizados com ponta de jato cônico, modelo MGA<sup>®</sup> 90° 02, da Magnojet<sup>®</sup>. O delineamento experimental foi o fatorial duplo (5 x 5), no qual cada defensivo SC foi avaliado em cinco caldas: uma controle (sem adjuvante) e quatro com adjuvantes distintos. Foram quantificadas as alterações nos parâmetros de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), Percentual Volumétrico de Gotas Menores que 100 µm (V100) e a Amplitude Relativa (AR), a fim de gerar critérios técnicos para a seleção de combinação defensivo-adjuvante que otimize a qualidade e a segurança da aplicação com ponta de jato cônico vazio.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tecnologia de aplicação

Para Matuo (1990) e Antuniassi *et al.* (2019a), a tecnologia de aplicação é compreendida como a junção de conhecimentos científicos de natureza multidisciplinar que proporcionam a apropriada deposição do defensivo agrícola sobre o alvo, com doses adequadas para um controle mais eficiente, econômico e seguro. Nesse contexto, é importante a distinção conceitual proposta por Queiroz (2018), na qual a pulverização é o processo mecânico de fracionamento do líquido em gotas, enquanto a aplicação é o ato de direcioná-las corretamente ao alvo. O aprimoramento dessas técnicas não visa apenas a otimização do uso do insumo, mas também a proteção de ecossistemas não-alvo, promovendo a sustentabilidade da agricultura (Pan; Ren; Luning, 2021).

A execução inadequada da tecnologia de aplicação acarreta sérios problemas de contaminação ambiental e humana, comprometendo a eficácia do tratamento e a viabilidade econômica da atividade. Tais problemas decorrem, principalmente, de perdas por deriva para áreas não-alvo, escoamento superficial, lixiviação e evaporação. O controle dessas perdas depende da correta gestão de fatores críticos, que incluem as condições meteorológicas, os parâmetros operacionais (pressão, velocidade, altura da barra), a seleção das pontas de pulverização e, fundamentalmente, a composição da calda (Antuniassi; Boller, 2019)

Dentre esses fatores, a calda de pulverização merece destaque, pois sua eficácia está diretamente relacionada ao seu comportamento e às suas reações físico-químicas. O conhecimento aprofundado dessas características é decisivo para o avanço das técnicas de aplicação, uma vez que elas podem ser modificadas tanto pelos constituintes da formulação original do defensivo quanto pelos adjuvantes adicionados à mistura (Chethan *et al.*, 2019).

Portanto, o sucesso do manejo fitossanitário é potencializado pela integração sinérgica entre a correta seleção dos equipamentos, como as pontas, o entendimento da formulação do defensivo, o uso criterioso de adjuvantes e a adequação da operação às condições ambientais (Fritz *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2016). A garantia de que todos esses fatores estejam alinhados com a técnica apropriada é o que assegura a deposição segura e eficaz das gotas no alvo (Chechetto, 2015; Moniz, 2020).

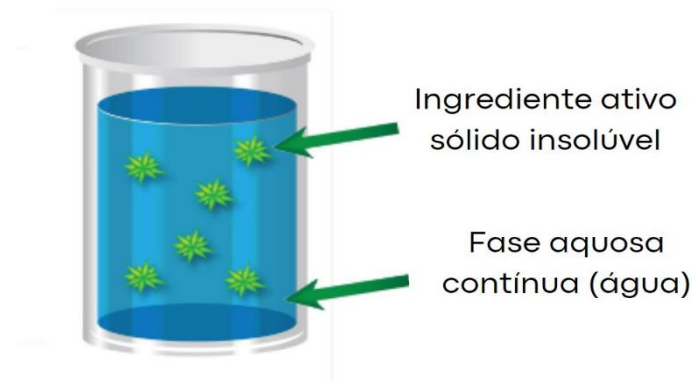
## 2.2 Formulação Suspensão Concentrada (SC)

As formulações de defensivos agrícolas são desenvolvidas com o objetivo de intensificar a eficiência dos ingredientes ativos e facilitar sua aplicação nas lavouras. Essas formulações são projetadas para otimizar o efeito biológico dos ingredientes ativos, melhorar o manuseio e o sucesso da aplicação, maximizando a estabilidade da calda e potencializando a persistência dos ingredientes ativos nos alvos. Uma formulação pode conter diversos componentes, geralmente de três a sete, além dos ingredientes ativos, que podem estar combinados em uma mesma formulação (Raetano; Chechetto, 2019).

Existem mais de 80 tipos de formulações de defensivos agrícolas comerciais. Entre as formulações mais populares, três são sólidas e seis são líquidas. Entre as principais, destacam-se a Suspensão Concentrada (SC), o Concentrado Solúvel (SL), a Emulsão Concentrada (EC), o Pó Molhável (WP), o Grânulo Dispersível em Água (WG) e a Mistura para Tratamento de Sementes (ST). Cada tipo de formulação tem o propósito de atender a necessidades específicas, considerando as condições ambientais predominantes e apresentando vantagens particulares (Antuniassi *et al.*, 2019b).

As formulações de Suspensão Concentrada (SC) são formadas por um ou mais ingredientes ativos sólidos, insolúveis e dispersos em meio aquoso. Essa forma de apresentação é amplamente adotada na agricultura devido às suas vantagens operacionais e benefícios associados à segurança no manuseio e aplicação (Kraus, 2020). Geralmente, as partículas do ativo possuem diâmetro menor que 5 micrômetros e são mantidas em suspensão por meio de agentes dispersantes, estabilizantes e/ou umectantes (Oliveira, 2021).

**Figura 1 - Ilustração esquemática de uma formulação do tipo Suspensão Concentrada (SC), composta por partículas sólidas de ingredientes ativos dispersa em fase aquosa contínua.**



**Fonte:** Croda Agriculture, 2025.

Entre as principais vantagens da formulação SC estão a ausência de poeira, o baixo risco toxicológico, a não inflamabilidade e a boa compatibilidade com outras formulações em misturas em tanque. Além disso, o tamanho diminuto das partículas favorece uma boa cobertura e aderência ao alvo, contribuindo para a eficácia biológica do defensivo (Melo 2012; Antuniassi, 2015; Oliveira, 2021).

A estrutura da formulação Suspensão Concentrada favorece a formação de caldas estáveis no momento da aplicação, desde que o produto esteja constantemente em agitação, caso contrário pode ocorrer a sedimentação do ingrediente ativo (Daba *et al.*, 2021). Um aspecto distinto desta formulação é que o ingrediente ativo, embora disperso em meio líquido, permanece como partículas sólidas finamente moídas, o que garante a manutenção de sua concentração e assegura a eficácia do produto ao longo do tempo (Raetano; Chechetto, 2019; oliveira, 2021).

### **2.3 Adjuvantes**

A eficácia das aplicações de defensivos agrícolas pode ser significativamente aprimorada com o uso de adjuvantes, compostos capazes de modificar as propriedades físico-químicas da calda para otimizar a deposição do produto sobre o alvo (Iost, 2008; Amaral; Batista, 2023). Determinados adjuvantes melhoram o ângulo de contato da gota, diminuem a tensão superficial e facilitam a penetração de produtos sistêmicos, resultando em maior molhamento da superfície foliar e,

consequentemente, intensificando a resposta biológica (Silva, 2013; Rocha; Alves; Melido, 2019).

Funcionalmente, os adjuvantes são classificados em dois grandes grupos: os ativadores, como os surfactantes e óleos, que melhoram diretamente a atividade do ingrediente ativo e os modificadores de calda, ou úteis, que são os redutores de deriva, antiespumantes ou outros, que alteram as propriedades da calda para facilitar a aplicação (Antuniassi, 2015). A seleção correta depende, portanto, das necessidades específicas de cada aplicação, sendo essencial o conhecimento prévio sobre a atuação de cada classe (Raetano; Chechetto, 2019). As funções dos adjuvantes podem ser vistas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação funcional, classe e função dos adjuvantes agrícolas.**

Classificação	Classe	Função
Ativadores	Surfactantes	Aumentam absorção; emulsificação da calda; Dispersão; Espalhamento; Molhamento.
	Óleos emulsionáveis (minerais ou vegetais)	Molhamento; Espalhamento; Penetração; Redução de evaporação; adesividade.
	Espalhantes	Espalhamento;
	Adesivos	Retenção e Adesão;
Úteis	Umectantes	Redução da taxa de evaporação das gotas;
	Condicionadores de calda	Redução do pH; Aumento do pH; Neutralização da dureza da água;
	Compatibilizantes	Permite a mistura de diferentes produtos comerciais;
	Redutores de deriva	Redução da deriva;
	Antiespumante ou desespumante	Redução da formação de espuma;
	Protetores (“ <i>Extenders</i> ”)	Redução da taxa de fotodegradação dos ativos;

**Fonte:** Autor, adaptado de Antuniassi, 2015.

Dentre os ativadores, os surfactantes e os óleos (minerais ou vegetais) são os mais comuns no mercado brasileiro (Antuniassi; Boller, 2019a). No entanto, a interação desses adjuvantes com a calda é pouco compreendida. Por exemplo,

Queiroz (2018) demonstrou que a combinação de adjuvantes influenciou diretamente a tensão superficial, a viscosidade e o espectro de gotas de caldas de herbicidas, destacando o efeito de um surfactante no aumento do diâmetro mediano volumétrico. De forma similar, Melo (2012) constatou que a adição de óleo mineral e vegetal a inseticidas aumentou a eficiência no controle de percevejos na soja, evidenciando que o ganho de eficácia é dependente da praga-alvo e da associação produto-adjuvante.

Portanto, os estudos demonstram que a seleção de um adjuvante não se baseia apenas em sua função teórica, mas no resultado empírico de sua interação com o defensivo (Melo, 2012; Queiroz, 2018; Raetano; Chechetto, 2019). A ausência desse conhecimento pode levar a resultados inesperados, incluindo alterações negativas no espectro de gotas que favoreçam as perdas, o que justifica a necessidade de pesquisas que caracterizem essas interações para diferentes combinações de defensivos e adjuvantes (Griesang, 2022).

#### **2.4 Pontas de pulverização**

A ponta de pulverização é um componente primário da tecnologia de aplicação, sendo o fator que determina a vazão da calda, o padrão de deposição e, principalmente, o espectro de gotas pulverizado (Klein; Kruger, 2011; Raetano; Mota, 2019). A correta seleção da ponta é, portanto, uma etapa crucial para o sucesso do tratamento fitossanitário, pois impacta diretamente a eficácia do controle e riscos de perdas por deriva (Sumner, 2012).

As pontas de pulverização são classificadas quanto à sua vazão, formato do jato e, principalmente, pelo espectro de gotas que produzem (Cunha; Teixeira; Vieira, 2019). Segundo a norma ASABE S572.3, a classificação do espectro de gotas (Tabela 2) é determinada a partir do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e inclui outros parâmetros, como por exemplo, o diâmetro de gotas que correspondem a 10% (DV0,1) e 90% (DV0,9) do volume pulverizado (ASABE, 2023).

**Tabela 2 - Classificação do tamanho de gotas com base no Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).**

<b>Classificação das gotas</b>	<b>Diâmetro mediano volumétrico das gotas (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Extremamente Fina (EF)	< 60
Muito Fina (MF)	60 - 105
Fina (F)	106 - 235
Média (M)	236 - 340
Grossa (G)	341 - 403
Muito Grossa (MG)	404 - 502
Extremamente Grossa (EG)	503 - 665
Ultra Grossa (UG)	> 665

**Fonte:** Autor, adaptado da norma ASABE S572.3 (American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2023).

Outro parâmetro fundamental para a seleção da ponta é a vazão ( $\text{L min}^{-1}$ ), que é determinada pelo tamanho do orifício e pressão de trabalho adotada no sistema e é normatizada por um código de cores segunda a norma ISO 10.626 (Tabela 3). A vazão, em conjunto com a velocidade de deslocamento, define o volume de calda aplicado por hectare ( $\text{L ha}^{-1}$ ), sendo também influenciada pela pressão de trabalho do sistema (Klein; Kruger, 2011).

**Tabela 3 - Vazões e cores de pontas de pulverização segundo norma ISO 10.626 a 40 lb pol<sup>-2</sup> ou 243 kPa.**

<b>Código da Ponta (galões/minuto)</b>	<b>Cor ISO</b>	<b>Volume a 40 lb pol<sup>-2</sup> (<math>\text{L min}^{-1}</math>)</b>
01	Laranja	0,38
015	Verde	0,57
02	Amarelo	0,76
025	Lilás	0,95
03	Azul	1,14
035	Vermelho Escuro	1,32
04	Vermelho Claro	1,51
05	Marrom	1,89
06	Cinza	2,27
08	Branca	3,03

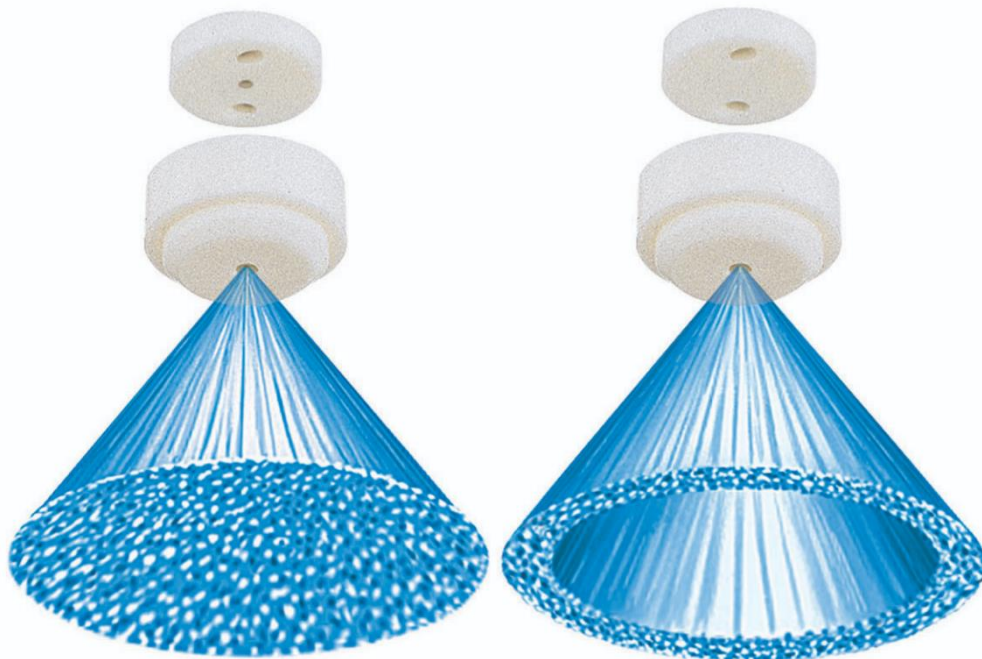
**Fonte:** Autor, adaptado da norma ISO 10.626 (International Organization for Standardization, 1996).

Além do espectro de gotas e da vazão, as pontas são diferenciadas pelo formato do jato que produzem, como jato plano, cônico ou leque duplo, com variações que incluem tecnologias de indução de ar para redução da deriva (Sharda; Slocombe, 2015). Portanto, a seleção criteriosa de uma ponta exige a compressão integrada das variáveis (espectro de gotas, vazão e formato do jato) para adequar a pulverização ao alvo, ao produto e às condições ambientais, maximizando a eficácia e a segurança da aplicação (Mota; Antuniassi, 2013; Queiroz, 2022).

#### **2.4.1 Ponta de Jato Cônico**

As pontas de pulverização que formam jato cônico, especialmente as de jato cônico vazio, são amplamente utilizadas em aplicações agrícolas que exigem uma grande cobertura foliar, como no controle de pragas e doenças em culturas com dossel denso. Seu mecanismo de funciona, geralmente composto por um conjunto de disco-difusor, induz a rotação do líquido, resultando uma classe de gotas com elevada densidade e diâmetro classificado entre fino e muito fino. Esse padrão favorece a penetração e a deposição em estruturas vegetais complexas (Cunha; Roman, 2010; Li *et al.*, 2022). Na Figura 2 pode ser observado o jato cônico cheio (esquerda) e jato cônico vazio (direita).

**Figura 2 - Comparação dos padrões de pulverização gerado por pontas de jato cônico cheio e vazio, com destaque para o mecanismo disco e difusor.**



Um exemplo de ponta comercial do tipo jato cônica é a ponta MGA® 90° (Figura 3), fabricada pela Magnojet®. Destinada a aplicações agrícolas que requerem alta uniformidade de cobertura e grande potencial de penetração das gotas no dossel. Possui ângulo de pulverização de 90 graus e vazões padronizadas segundo a norma ISO 10.626, sendo indicada para uso em pulverizadores de barra com espaçamento de 50 centímetros entre porta-bicos, sendo especialmente eficiente na aplicação de fungicidas, inseticidas de contato e fertilizantes foliares (Magnojet®, 2023).

**Figura 3 - Pontas de pulverização modelo MGA® 90° (Magnojet Gotas Atomizadas) nas vazões 015 e 02.**



**Fonte:** Magnojet, 2023.

Contudo, a principal característica que torna as pontas cônicas eficientes para cobertura é a predominância de gotas menores que 150 µm, o que também a torna mais suscetíveis à deriva sob condições ambientais adversas (Matthews, 2000). Essa sensibilidade intrínseca faz com que o desempenho das pontas cônicas seja altamente dependente das propriedades físico-químicas da calda pulverizada. Portanto, compreender com a interação entre a formulação do defensivo e os adjuvantes pode influenciar no espectro de gotas gerado por esse tipo de ponta é fundamental para otimizar sua eficácia e mitigar os riscos de contaminação ambiental associado à sua utilização (Antuniassi *et al.*, 2017).

## **2.5 Espectro de Gotas**

O espectro de gotas produzido durante a pulverização depende de fatores operacionais como pressão de trabalho, ponta de pulverização e propriedades físicas e químicas da calda de pulverização (Nuyttens *et al.*, 2009). O produto comercial tem seu desempenho associado a qualidade de sua aplicação, de forma que se faz importante entender os parâmetros que influencia o espectro de gotas, uma vez que

essas informações se traduzem em possíveis ações na busca de uma pulverização mais eficiente (Wang *et al.*, 2024).

Pesquisas têm investigado formulações e misturas de defensivos agrícolas, evidenciando que o tipo de produto influencia diretamente no espectro de gotas gerado no processo de pulverização (Queiroz *et al.*, 2018). Diversos estudos têm se dedicado à análise da formação de gotas associadas a distintas técnicas de aplicação, visando compreender o comportamento da pulverização (Mota; Antuniassi, 2013; Queiroz, 2022).

Um dos principais parâmetros para caracterizar o espectro de gotas é o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), tecnicamente designado como DV0,5. Esse valor representa o diâmetro da gota que divide o volume total pulverizado em duas metades. Em outras palavras, 50% do volume da calda aplicada é composto por gotas com diâmetro inferior ao DMV, enquanto os 50% restantes do volume estão contidos em gotas com diâmetro superior. O DMV, portanto, funciona como uma medida de tendência central do espectro de gotas (Antuniassi; Baio, 2008).

A classificação do espectro de gotas gerado por uma ponta de pulverização hidráulica é padronizada pela norma ASABE S572.3, que estabelece categorias que vão de “extremamente Fina” (EF) a “Ultra Grossa” (UG). Diferentemente das versões anteriores, essa norma utiliza um método comparativo para garantir uma classificação universal e independente do equipamento para medição. O procedimento consiste em comparar o espectro de gotas da pulverização em teste com o espectro gerado por um conjunto de pontas de referência definidas na própria norma. Na prática, os valores de DV0,1 e DV0,5 da pulverização são plotados em um gráfico de classificação, cujos limites de cada categoria são definidos por curvas de desempenho das pontas de referência. Dessa forma, a classificação é determinada pela posição da pulverização em relação a essas curvas, e não por faixas fixas de diâmetro (ASABE, 2023).

O diâmetro de uma gota de pulverização individual, medido em microns (micrômetros), é um dos fatores mais influentes no sistema de pulverização, afetando a cobertura das culturas, a eficácia biológica do produto fitossanitário aplicado e o risco de deriva (Nuyttens *et al.*, 2009).

Gotas de tamanho entre 50 e 100  $\mu\text{m}$  são classificadas como muito finas e finas e demonstram grande suscetibilidade à deriva. Estas gotas estão suscetíveis a serem transportadas para o interior do dossel de culturas. Em contrapartida, gotas maiores apresentam maior resistência à deriva e possuem curso vertical, resultando

em maior deposição em alvos horizontais (Chechetto; Antuniassi, 2012; Matthews; Bateman; Miller, 2014).

Para uma pulverização eficiente, pontas que formam gotas com menor variação de tamanho e que apresentam distribuição uniforme do volume de calda devem ser utilizadas. Estas apresentam cobertura satisfatória e baixo risco de deriva, considerando as condições meteorológicas ideais de temperatura (abaixo de 30°C), umidade relativa do ar (acima de 50%) e velocidade média do vento (entre 3 e 10 km h<sup>-1</sup>) (Antuniassi e Cunha, 2019).

À medida que a qualidade da pulverização aumenta, exigem-se maiores desempenhos das pontas, principalmente na homogeneidade do espectro de gotas. Quanto maior o valor do AR, numericamente, maior a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Um homogêneo espectro de gotas tem um valor de amplitude relativa tendendo a um (Cunha; Reis; Santos, 2006). A uniformidade desse espectro é calculada pela razão entre a diferença do diâmetro volumétrico nas percentis 90% e 10% (DV<sub>0,9</sub> e DV<sub>0,1</sub>, respectivamente) e o DMV, onde um valor maior indica menor uniformidade, sendo expressa pela amplitude relativa (AR) (Sasaki *et al.*, 2016).

Quando analisado os valores de DV<sub>0,5</sub> e a AR em conjunto é possível fazer a caracterização da calda de pulverização, uma vez que somente o valor de DMV não indica a dispersão dos dados, tão pouco a sua homogeneidade. Observa-se também que o espectro das gotas pode ser influenciado pelas características físico-químicas da calda de pulverização, como viscosidade e tensão superficial, que interferem no processo de pulverização hidráulica e podem alterar o tamanho das gotas (Costa, 2023).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local da pesquisa**

A análise do espectro de gotas foi realizada no Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), sediado na Faculdade de Ciências Agronômicas Câmpus de Botucatu (FCA/Unesp), em Botucatu, São Paulo, Brasil. A coleta de dados aconteceu no Laboratório de Máquinas para Pulverização, com ambiente monitorado, com registros de temperatura e umidade, durante a execução das análises. O período correspondeu a abril e maio de 2025.

#### **3.2 Tratamentos**

Foram analisadas 25 caldas de pulverização (Tabela 4), com cinco repetições por tratamento. A aplicação foi realizada com uma ponta de jato cônico vazio (MGA<sup>®</sup> 90° 02, Magnojet<sup>®</sup>), operada a uma pressão de trabalho constante de 500 kPa (5,0 bar), condição que resultou em uma vazão de 1,14 L min<sup>-1</sup>. A caracterização dos defensivos agrícolas e adjuvantes avaliados é apresentada na Tabela 5 e 6.

**Tabela 4 - Composição dos tratamentos utilizados para a leitura do espectro de gotas com o Sympatec Helos.**

<b>Tratamento e Descrição</b>	<b>Dose do produto (L ha<sup>-1</sup>)*</b>	<b>Dose do Adjuvante (% V V<sup>-1</sup>)**</b>	<b>Sigla</b>
T1 – Ampligo <sup>®</sup>	0,15	-	AMP
T2 – Ampligo <sup>®</sup> + Ochima <sup>®</sup>	0,15	0,25	AMP + OC
T3 – Ampligo <sup>®</sup> + TA 35 Gold <sup>®</sup>	0,15	0,15	AMP + TA
T4 – Ampligo <sup>®</sup> + Surfom ADJ 8860 <sup>®</sup>	0,15	0,03	AMP + SU
T5 – Ampligo <sup>®</sup> + Silwet <sup>®</sup> L-77 Ag	0,15	0,10	AMP + SI
T6 – Minectro Pro <sup>®</sup>	0,60	-	MIN
T7 – Minectro Pro <sup>®</sup> + Ochima <sup>®</sup>	0,60	0,25	MIN + OC
T8 – Minectro Pro <sup>®</sup> + TA 35 Gold <sup>®</sup>	0,60	0,15	MIN + TA
T9 – Minectro Pro <sup>®</sup> + Surfom ADJ 8860 <sup>®</sup>	0,60	0,03	MIN + SU
T10 – Minectro Pro <sup>®</sup> + Silwet <sup>®</sup> L-77 Ag	0,60	0,10	MIN + SI
T11 – Miravis <sup>®</sup>	0,50	-	MIR
T12 – Miravis <sup>®</sup> + Ochima <sup>®</sup>	0,50	0,25	MIR + OC
T13 – Miravis <sup>®</sup> + TA 35 Gold <sup>®</sup>	0,50	0,15	MIR + TA
T14 – Miravis <sup>®</sup> + Surfom ADJ 8860 <sup>®</sup>	0,50	0,03	MIR + SU
T15 – Miravis <sup>®</sup> + Silwet <sup>®</sup> L-77 Ag	0,50	0,10	MIR + SI
T16 – Priori XTRA <sup>®</sup>	0,30	-	PRI
T17 – Priori XTRA <sup>®</sup> + Ochima <sup>®</sup>	0,30	0,25	PRI + OC
T18 – Priori XTRA <sup>®</sup> + TA 35 Gold <sup>®</sup>	0,00	0,15	PRI + TA
T19 – Priori XTRA <sup>®</sup> + Surfom ADJ 8860 <sup>®</sup>	0,30	0,03	PRI + SU
T20 – Priori XTRA <sup>®</sup> + Silwet <sup>®</sup> L-77 Ag	0,30	0,10	PRI + SI
T21 – Calaris <sup>®</sup>	2,00	-	CAL
T22 – Calaris <sup>®</sup> + Ochima <sup>®</sup>	2,00	0,25	CAL + OC
T23 – Calaris <sup>®</sup> + TA 35 Gold <sup>®</sup>	2,00	0,15	CAL + TA
T24 – Calaris <sup>®</sup> + Surfom ADJ 8860 <sup>®</sup>	2,00	0,03	CAL + SU
T25 – Calaris <sup>®</sup> + Silwet <sup>®</sup> L-77 Ag	2,00	0,10	CAL + SI

\*Maior dose recomendada em bula para a cultura da soja na taxa de aplicação de 100 L ha<sup>-1</sup>.

\*\*Dose recomendada pela fabricante para a cultura da soja.

**Tabela 5 - Defensivos agrícolas com formulação do tipo Suspensão Concentrada (SC) utilizados na avaliação do espectro de gotas.**

<b>Nome Comercial do Produto</b>	<b>Classe*</b>	<b>Grupo*</b>	<b>Composição do Defensivo (I.A.)*</b>
Ampligo®**	Inseticida	3A / 28	Lambda-Cialotrina; Cloraniliprole
Minecto Pro®**	Inseticida	6 / 28	Abamectina; Ciantraniliprole
Miravis®**	Fungicida	C2	Pidiflumetofem
Priori XTRA®**	Fungicida	C3/G1	Azoxistrobina; Ciproconazol
Calaris®**	Herbicida	3A / 28	Mesotriona; Atrazina

\* Informações disponíveis em bula.

\*\* Titular do Registro – Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

**Tabela 6 - Características dos adjuvantes utilizados quanto à composição, formulação e indicação de uso.**

<b>Nome Comercial</b>	<b>Componente(s) principal(is)*</b>	<b>Formulação*</b>	<b>Indicação de uso*</b>
Ochima®**	Alquil ester fosfatado	EC	Penetrante
TA 35 Gold®***	Ester metílico de soja	EC	Espalhante adesivo; RD*****
Surfom ADJ 8860®****	Segredo Industrial	SL	Espalhante adesivo
Silwet® L-77 Ag*****	Copolímero de poliéter e silicone	SL	Espalhantes adesivo; RD*****

\* Informações disponíveis pela fabricante.

\*\* Titular de registro – Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

\*\*\* Titular de registro - Inquiima Ltda.

\*\*\*\* Titular do registro – Oxiteno S.A Indústria e Comércio.

\*\*\*\*\* Titular do registro – Momentive Performance Materials USA, Inc.

\*\*\*\*\* RD – Redutor de Deriva.

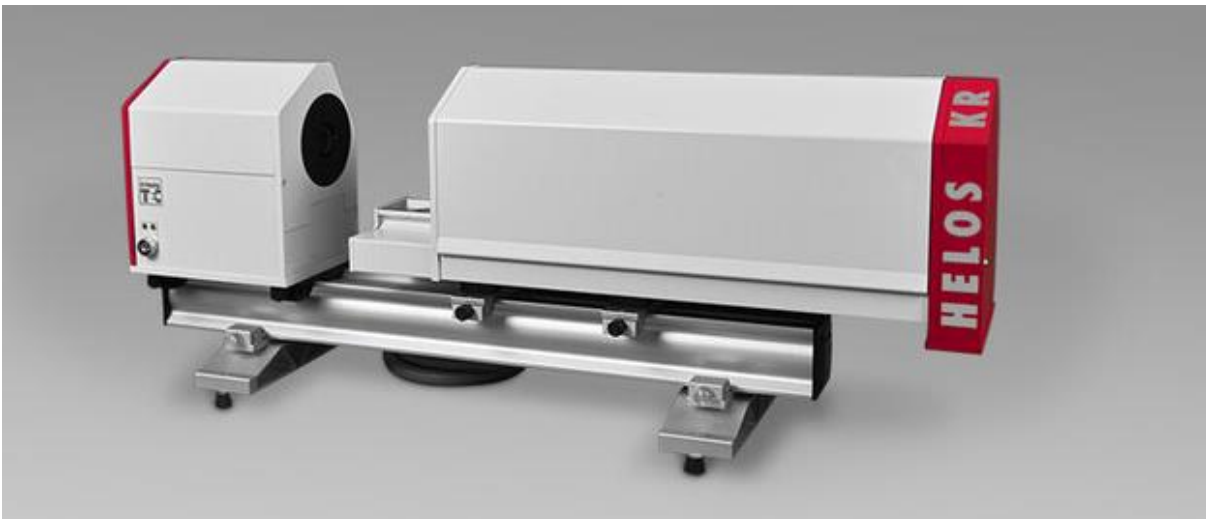
### 3.3 Avaliação do espectro de Gotas

A avaliação do espectro de gotas aconteceu por meio da medição da pulverização das caldas fitossanitárias, utilizando o dispositivo analisador de partículas a laser em tempo real, Sympatec Helos KR-Vario. Este procedimento é baseado na difração do laser, que consiste na medição da intensidade do feixe de luz que interage com as gotas pulverizadas, permitindo a análise de seu tamanho

#### 3.3.1 Analisador de partículas Sympatec Helos

A avaliação do espectro de gotas foi através do leitor de partículas a difração a Laser Sympatec Helos KR-Vario (Figura 7), onde foram medidos os parâmetros de pulverização. São eles: diâmetro mediano volumétrico (DMV ou DV<sub>0,5</sub>), diâmetro volumétrico a 10% (DV<sub>0,1</sub>), Diâmetro volumétrico a 90% (DV<sub>0,9</sub>) e porcentagem volumétrica de gotas menores que 100 micrômetros (V100).

**Figura 4 - Equipamento Sympatec Helo KR-Vario.**



**Fonte:** Sympatec, 2025.

A amplitude relativa (AR) foi calculada com base nos valores de DV<sub>0,1</sub>, DV<sub>0,9</sub> e DV<sub>0,5</sub>, conforme demonstrado na Equação 1.

$$AR = \frac{(DV_{0,9} - DV_{0,1})}{DV_{0,5}} \quad (1)$$

Onde,

AR = amplitude relativa;

DV<sub>0,9</sub> = diâmetro volumétrico a 90%

DV<sub>0,1</sub> = diâmetro volumétrico a 10%

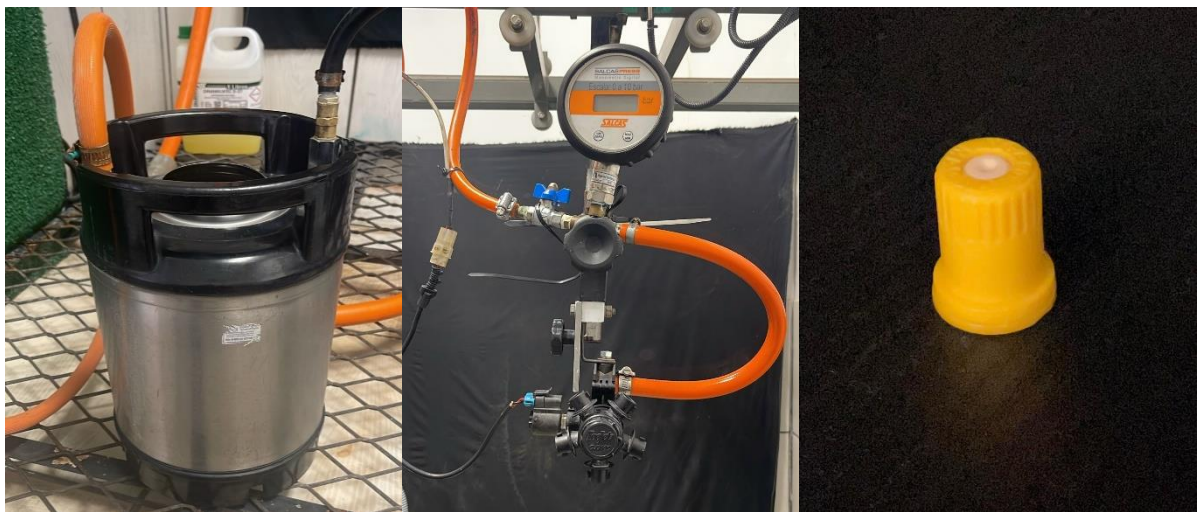
DV<sub>0,5</sub> = diâmetro volumétrico a 50%

O experimento foi conduzido em ambiente monitorado, com temperatura e umidade constantes. A temperatura permaneceu em  $25\text{ °C} \pm 5$  e a umidade  $80\% \pm 14$ . Todos os equipamentos foram calibrados e ajustados conforme necessário para garantir a precisão das medições. Os resultados foram registrados sistematicamente e processados.

### 3.3.2 Sistema de Pulverização

O sistema de pulverização utilizado, ilustrado na Figura 8, era composto por um reservatório de aço inoxidável de 8 L, pressurizado por ar comprimido a uma pressão máxima de 900 kPa (9,0 bar). A pressão de trabalho foi mantida por um conjunto estabilizador e monitorada continuamente por um manômetro digital (Bourdon D60), instalado antes do porta-bico (Pentajet, TeeJet®). Durante os ensaios, a ponta de pulverização foi posicionada a uma altura de 30 centímetros em relação ao feixe de laser do analisador de partículas.

**Figura 5 - Sistema de Pulverização. Na imagem, tanque de pulverização de 8 litros, Pentajet e manômetro e ponta de pulverização.**



Fonte: Autor, 2025

### **3.4 Delineamento experimental e análise estatística**

O Experimento foi conduzido em esquema fatorial duplo (5 x 5), composto por cinco produtos formulados em suspensão concentrada (SC) e cinco caldas de pulverização (quatro com adjuvantes e uma contendo apenas o produto SC), com cinco repetições por tratamento, totalizando 25 tratamentos e 125 amostras.

As variáveis analisadas foram: Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), Percentual Volumétrico de Gotas Menores que 100 Micrômetros (V100) e a Amplitude Relativa (AR).

A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa de computador SISVAR 5.8 para identificação diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Ferreira, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV)

A interação entre os diferentes adjuvantes e as cinco formulações comerciais de base suspensão concentrada (SC), promoveu alterações estatisticamente significativa no diâmetro mediano volumétrico (DMV) da pulverização. Os valores médios para cada tratamento são apresentados na Tabela 7. Uma análise geral dos dados revela um comportamento complexo e não-uniforme, onde o efeito de um mesmo adjuvante variou consideravelmente dependendo do defensivo agrícola ao qual foi adicionado, independentemente de sua classe (fungicida, inseticida ou herbicida). Essa variabilidade demonstra que a modulação do espectro de gotas é governada pela interação específica entre os componentes da calda, e não por características isoladas de um produto. A discussão a seguir aprofundará a análise do comportamento das classes de adjuvantes (óleos e surfactantes) e suas interações com as diferentes formulações.

**Tabela 7 – Valores médios de diâmetro mediano volumétrico (DMV) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.**

Produto (SC)	DMV ( $\mu\text{m}$ )				
	Sem Adj.	Ochima <sup>®</sup>	TA 35 Gold <sup>®</sup>	Surfom ADJ <sup>1</sup>	Silwet <sup>®2</sup>
Ampligo <sup>®</sup>	136,61 dBC	154,18 aA	136,00 dD	144,00 cA	148,77 bA
Minecto Pro <sup>®</sup>	135,21 cC	153,03 aA	141,00 bC	133,65 cdD	132,24 dC
Miravis <sup>®</sup>	137,89 cB	149,85 aB	143,38 bB	137,75 cC	148,93 aA
Priori XTRA <sup>®</sup>	135,65 bC	153,88 aA	134,30 bcD	132,54 cD	133,89 bcC
Calaris <sup>®</sup>	140,78 bA	148,88 aB	149,17 aA	140,04 bB	136,63 cB

CV = 0,79%;  $F_{\text{prod}} = 154,30^{**}$ ;  $F_{\text{calda}} = 732,43^{**}$ ;  $F_{\text{inter}} = 97,29^{**}$

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas indicam médias que diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). CV: coeficiente de variação;  $F_{\text{prod}}$ : valor do F calculado para o fator produto – formulação suspensão concentrada;  $F_{\text{calda}}$ : valor do F calculado para o fator calda;  $F_{\text{inter}}$ : valor do F calculado para a interação entre produto e adjuvante. \*significativo a 5%; \*\*significativo a 1%; <sup>1</sup>Surfom ADJ 8860<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Silwet<sup>®</sup> L-77 Ag.

#### 4.1.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo no DMV

A adição de adjuvantes à base de óleo, de forma geral, promoveu um aumento no diâmetro mediano volumétrico das caldas, resultando em valores médios maiores quando comparados com as caldas sem adjuvantes. Contudo, a análise comparativa entre os dois emulsificantes (Ochima<sup>®</sup> e TA 35 Gold<sup>®</sup>) revelou que a intensidade e a consistência desse efeito foram dependentes da interação específica com cada formulação de defensivo (Tabela 4).

Embora ambos os adjuvantes, Ochima<sup>®</sup> e TA 35 Gold<sup>®</sup>, tenham sido agrupados na classe funcional de óleos, é fundamental destacar que eles possuem naturezas químicas e concentrações de ingrediente ativo distintas. O Ochima<sup>®</sup> é composto por alquil éster fosfatado (752 g L<sup>-1</sup>), enquanto o TA 35 Gold<sup>®</sup> é um éster metílico de soja (462 g L<sup>-1</sup>). Esta diferença intrínseca de composição e concentração é, provavelmente, o fator determinante para a variação de desempenho observada entre eles, invalidando uma análise generalista baseada apenas em sua classificação funcional.

O adjuvante Ochima<sup>®</sup> aumentou o DMV, de forma estatisticamente significativa, para todas as cinco formulações SC testadas, independentemente da classe do defensivo (inseticida, fungicida ou herbicida). O incremento mais expressivo foi observado para o tratamento com o Minecto Pro<sup>®</sup>, com um aumento de 17,82 µm em relação ao tratamento sem adjuvante. Este resultado é corroborado pela literatura, que atribui o aumento de DMV à elevação da viscosidade da calda promovida por óleos (vegetais ou minerais) quando pulverizados com ponta de jato cônico, o que aumenta a resistência do líquido ao fracionamento no momento da pulverização para pontas hidráulicas (Spanoghe *et al.*, 2007).

Em contrapartida, o adjuvante TA 35 Gold<sup>®</sup> apresentou resultados distintos para os cinco defensivos avaliados. Embora tenha aumentado o DMV para três produtos, de forma similar ao Ochima<sup>®</sup>, nos tratamentos com o Ampligo<sup>®</sup> (136,00 µm) e Priori XTRA<sup>®</sup> (134,30 µm) não houve diferença estatística em relação aos tratamentos controle (136,61 e 135,65 µm, respectiva para Ampligo<sup>®</sup> e Priori XTRA<sup>®</sup> sem a adição de adjuvantes).

A diferença de desempenho entre os adjuvantes oleosos, especialmente a ausência do aumento de DMV nas caldas com Ampligo<sup>®</sup> e Priori XTRA<sup>®</sup>, suscita duas hipóteses principais. A primeira, fundamenta nos mecanismos de interação em nível de formulação, postula que a composição proprietária de cada adjuvante é fator determinante. Conforme Griesang (2022), os emulsificantes e surfactantes presentes em um adjuvante oleoso podem interagir de forma sinérgica ou antagônica com o pacote de dispersante de uma formulação SC, resultando em um fenômeno reológico único para cada mistura. Assim, a interação entre TA 35 Gold<sup>®</sup> e estes dois defensivos pode ter suprimido o efeito do óleo no aumento do DMV. A segunda hipótese é que a diferença na concentração do ingrediente ativo entre os adjuvantes (752 g L<sup>-1</sup> no Ochima<sup>®</sup> e 462 g L<sup>-1</sup> no TA 35 Gold<sup>®</sup>) pode ter influenciado a magnitude das interações físico-químicas da calda, contribuindo para as distintas respostas observadas.

A literatura clássica, como o trabalho de Hess e Foy (2000), estabelece que adjuvantes oleosos tendem a aumentar a viscosidade e reduzir a tensão superficial das caldas. Contudo, os resultados deste estudo demonstram que a manifestação desses efeitos no espectro de gotas não é universal, mas sim uma propriedade emergente que depende da interação específica com a formulação do defensivo e do estresse mecânico imposto pela ponta de pulverização. Adicionalmente, a decisão metodológica de utilizar a maior dose recomendada em bula para a cultura da soja, diluída em um volume de 100 L ha<sup>-1</sup>, foi estratégica para acentuar essas interações. Esta condição representa um cenário de alto estresse físico-químico na calda, com uma elevada concentração dos componentes da formulação SC (ingrediente ativo, dispersantes, umectantes), tornando o sistema mais sensível a qualquer incompatibilidade ou sinergia com o adjuvante adicionado e, assim, tornando os efeitos de interação mais evidentes e mensuráveis.

Do ponto de vista prático, estes resultados demonstram que a seleção de um adjuvante não pode se basear apenas em sua classe funcional. A diferença de desempenho do TA 35 Gold<sup>®</sup> quando comparado com o Ochima<sup>®</sup> reforça a necessidade de validação experimental para cada combinação específica de defensivo, adjuvante e ponta de pulverização. A premissa de que produtos da mesma classe terão o mesmo efeito é invalidada por este estudo, indicando que a modulação do espectro de gotas depende do conhecimento da interação particular entre os componentes da calda e de pulverização.

#### **4.1.2 Efeito dos Adjuvantes Surfactantes no DMV**

A adição dos adjuvantes surfactantes (Surfom ADJ 8860<sup>®</sup> e Silwet<sup>®</sup> Li-77) resultou em um comportamento não generalizável do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), em contraste com a tendência de aumento observada para os óleos (Tabela 4). Foram observados casos de aumento, redução e ausência de efeito significativo no DMV, dependendo da combinação defensivo-adjuvante. Este resultado corrobora com a hipótese de que a interação específica entre o surfactante e o pacote de aditivos de cada formulação SC é o fator predominante que governa as alterações reológicas da calda, superando a classe química do adjuvante e a ponta.

Há apontamentos da literatura que a resposta do espectro de gotas à adição de surfactantes é um fenômeno dependente da tecnologia de geração de gotas, como por exemplo, em pontas de jato plano de energia hidráulica, onde a redução da tensão

superficial é promovida por surfactantes, geralmente, ocorre a redução do DMV (Silva *et al.*, 2010). Em contraste, para aplicações com pontas de indução de ar, a adição de surfactantes pode ter uma resposta oposta, aumentando o DMV, enquanto para aplicações com atomizadores pode-se ter tanto o aumento quanto a redução do DMV dependendo do tipo de equipamento, condições operacionais e composição da calda (Andrade *et al.*, 2010; Mota; Antuniassi, 2013; Griesang, 2022).

O surfactante não-iônico (Surfom ADJ 8860<sup>®</sup>) apresentou três diferentes resultados para os cinco defensivos avaliados. Para a calda com Piori XTRA<sup>®</sup>, observou-se a redução do DMV, um efeito do adjuvante documentado para pontas hidráulicas de jato cônico vazio e leque (Martini *et al.*, 2015; Holownicki *et al.*, 2021). No entanto, para a calda com o inseticida Ampligo<sup>®</sup>, o efeito foi oposto, um aumento estatisticamente significativo do DMV. Para os outros três defensivos (Minecto<sup>®</sup> Pro, Miravis<sup>®</sup> e Calaris<sup>®</sup>), a adição do adjuvante não gerou alteração estatística no DMV em relação as caldas sem adjuvantes.

A modulação do DMV pelo surfactante organosiliconado (Silwet<sup>®</sup> Li-77) no DMV também se mostrou dependente da formulação. Conforme observado pela literatura, que aponta o adjuvante como um potente redutor do diâmetro de gotas em ponta de jato plano, o Silwet<sup>®</sup> reduziu, a nível de diferença estatística, o DMV nas caldas com Minecto<sup>®</sup> Pro e Calaris<sup>®</sup> (Stevens; Gaskin; Hong, 1992). Contudo, de forma oposta, sua adição às caldas com Ampligo<sup>®</sup> e Miravis<sup>®</sup> resultou em um aumento do DMV. Para a calda com Piori XTRA<sup>®</sup>, seu efeito foi estatisticamente nulo.

A diferença de resultados para uma mesma ponta é a evidência mais forte da importância da interação entre formulações e adjuvantes no momento da pulverização. A possível explicação para este fenômeno supera a simples análise de tensão superficial e aponta para alterações na reologia da calda, hipótese levantada por Basellio *et al.* (2024), que sugere para sistemas coloidais complexos, a estrutura molecular dos surfactantes podem interagir de forma distinta com os agentes dispersantes e umectantes de cada formulação, alterando a viscoelasticidade da calda. Em alguns casos, essa mudança reológica pode ter aumentado a resistência do líquido ao fracionamento, suplantando o efeito da baixa tensão superficial e resultando em gotas maiores.

Na prática, os dados demonstram que a recomendação de um surfactante para modular o espectro de gotas é insuficiente sem o conhecimento da interação específica entre adjuvante, formulação e ponta de pulverização. A variabilidade de

resultados observada com ponta MGA® reforça que a caracterização empírica é indispensável, e que a otimização da aplicação deve migrar de uma abordagem baseada em classes de produtos para uma abordagem apoiada na validação de cada combinação específica.

#### 4.2 Percentual Volumétrico de Gotas Menores que 100 Micrômetros (V100)

A análise do percentual do volume de calda composto por gotas com diâmetro inferior a 100 µm (V100), um indicador direto do potencial de risco de deriva, revelou que a adição de adjuvantes pode tanto mitigar quanto exacerbar este risco, dependendo da interação específica com a formulação do defensivo e a ponta de pulverização. Os dados, apresentados na Tabela 9, demonstram que não houve um padrão consistente de comportamento por classe de adjuvante, com óleos e surfactantes apresentando resultados variáveis. Esta variabilidade reforça a necessidade uma análise detalhada para cada combinação, visando a segurança e a eficácia da aplicação.

**Tabela 8 – Valores médios de percentual volumétrico de gotas menores que 100 micrômetros (V100) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.**

Produto (SC)	V100 (%)				
	Sem Adj.	Ochima®	TA 35 Gold®	Surfom ADJ <sup>1</sup>	Silwet® <sup>2</sup>
Ampligo®	24,96 bAB	21,71 aA	25,21 bB	22,28 aA	22,83 aB
Minecto Pro®	25,46 cB	21,45 aA	23,11 bC	26,40 cdC	27,02 dD
Miravis®	24,43 bcA	21,70 bA	22,43 bC	24,67 cB	20,41 aA
Priori XTRA®	25,44 bB	20,71 aA	26,59 bcA	26,98 cC	27,27 cD
Calaris®	24,14 cA	22,19 bB	20,28 aD	25,10 cdB	25,40 dC

CV = 2,79%; F<sub>prod</sub> = 67,90\*\*; F<sub>calda</sub> = 122,40\*\*; F<sub>inter</sub> = 122,40\*\*

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas indicam médias que diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). CV: coeficiente de variação; F<sub>prod</sub>: valor do F calculado para o fator produto – formulação suspensão concentrada; F<sub>calda</sub>: valor do F calculado para o fator calda; F<sub>inter</sub>: valor do F calculado para a interação entre produto e adjuvante. \*significativo a 5%; \*\*significativo a 1%; <sup>1</sup>Surfom ADJ 8860®; <sup>2</sup>Silwet® L-77 Ag.

##### 4.2.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo no V100

A adição dos adjuvantes à base de óleo apresentou resultados distintos e dependentes da formulação comercial, tanto do defensivo quanto do próprio adjuvante quando pulverizados com a ponta MGA® 90° 02. Embora a literatura aponte que geralmente os óleos aumentem o DMV e reduzem o volume de gotas menores que 100 µm em pontas hidráulicas, os resultados destas análises demonstram que essa

relação não é sempre direta (Hess; Foy, 2000; Cunha; Peres, 2010; Basellio *et al.*, 2024).

O adjuvante Ochima<sup>®</sup> reduziu o percentual volumétrico de gotas suscetíveis à deriva para todas as cinco formulações testadas. A redução mais expressiva foi observada para a calda com Priori XTRA<sup>®</sup>, diminuindo o V100 de 25,44% (tratamento sem adjuvante) para 20,71%. Este desempenho está alinhado com o aumento de DMV observado anteriormente (Tabela 4) e pode ser atribuído ao aumento da viscosidade da calda, que estabiliza o processo de fracionamento do líquido e inibe a formação da fração mais fina do espectro de gotas em pontas hidráulicas (Miller; Butler; Ellis, 2000).

Em contraste, a adição do adjuvante TA 35 Gold<sup>®</sup> resultou no aumento do V100 dependendo da formulação. Para as caldas contendo Minecto Pro<sup>®</sup>, Miravis<sup>®</sup>, e Calaris<sup>®</sup> houve a redução do V100. Contudo, para os tratamentos com Ampligo<sup>®</sup> e Priori XTRA<sup>®</sup>, o efeito foi oposto, com um aumento no volume de gotas menores que 100 µm em comparação aos tratamentos sem adjuvante, elevando o potencial risco de deriva quando pulverizado com a ponta MGA<sup>®</sup>. Este fenômeno pode ser explicado pela hipótese reológica, na qual a interação entre os emulsificantes do TA 35 Gold<sup>®</sup> e os componentes das formulações de Ampligo<sup>®</sup> e Priori XTRA<sup>®</sup> pode ter alterado a viscoelasticidade da calda de forma a promover a formação de mais gotas finas.

Do ponto de vista da segurança da aplicação, a escolha do adjuvante oleoso depende da formulação do defensivo e da ponta de pulverização. Enquanto o Ochima<sup>®</sup> se mostrou uma ferramenta eficaz ao reduzir o V100 em todas as formulações testadas, o TA 35 Gold<sup>®</sup> pode, para certos defensivos, aumentar o potencial risco de deriva com pontas MGA<sup>®</sup>.

#### **4.2.2 Efeito dos Adjuvantes Surfactantes no V100**

A adição de surfactantes resulto em um efeito não generalizável sobre o percentual volumétrico de gotas suscetíveis à deriva. Diferentemente da tendência observada para os óleos quando pulverizados com ponta de jato cônico, a resposta ao surfactante variou conforme a formulação, com casos de aumento, manutenção e diminuição do V100. Este resultado reforça a tese de que a interação específica com cada defensivo e ponta de pulverização é o fator que governa o resultado final do percentual volumétrico de gotas menores que 100 µm (Tabela 5).

A adição de Surfom ADJ 8860<sup>®</sup> levou a três possibilidades distintas de resultado distintos. Para as caldas com Minecto Pro<sup>®</sup> Priori XTRA<sup>®</sup>, o V100 aumentou, elevando o potencial risco de deriva, um efeito que pode ser associada à redução da tensão superficial em pontas hidráulicas de jato plano ou cônico (Zhang; Xiong, 2021; Holownicki *et al.*, 2021). Contudo, para as caldas contendo Miravis<sup>®</sup> e Calaris<sup>®</sup>, o efeito no V100 foi estatisticamente nulo. Para a calda com Ampligo<sup>®</sup> adição do adjuvante promoveu uma redução no V100, atuando como um redutor de deriva.

O comportamento do surfactante organossiliconado (Silwet<sup>®</sup> Li-77) também variou conforme o defensivo. Para as caldas contendo Minecto Pro<sup>®</sup>, Priori XTRA<sup>®</sup> e Calaris<sup>®</sup>, o Silwet<sup>®</sup> aumentou drasticamente o V100, o que é condizente com seu conhecido potencial de gerar gotas finas quando associado com pontas de jato plano (MACHADO *et al.*, 2019). No entanto, para as caldas com Ampligo<sup>®</sup> e Miravis<sup>®</sup>, a adição do adjuvante resultou em uma redução do volume de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ .

A constatação de que ambos os surfactantes podem, dependendo da formulação do defensivo, atuar como redutores de deriva é um dos achados mais relevantes deste trabalho. A hipótese para este fenômeno é que, para certas combinações, a interação entre o surfactante e os componentes da formulação SC alterou a reologia da calda de forma a inibir a formação de “gotas-satélite” – gotículas muito finas que se desprendem das gotas maiores durante a pulverização (Zhang; Xiong, 2021). Este efeito, que supera a simples análise da tensão superficial, sugere uma alteração da viscoelasticidade do líquido, um campo de estudo ainda emergente na tecnologia de aplicação (Godinho *et al.*, 2020).

Portanto, os resultados demonstram que a interação tripla entre o surfactante, a formulação do tipo suspensão concentrada (SC) e a ponta de pulverização de jato cônico é o fenômeno que governa o resultado final, cujo efeito sobre o espectro de gotas não é generalizável pela classe do adjuvante. A modulação do risco de deriva, seja para mitigá-lo ou exacerbá-lo, mostrou-se uma propriedade emergente da combinação específica entre esses três componentes.

### **4.3 Amplitude Relativa (AR)**

A Amplitude Relativa (AR) é um parâmetro adimensional que qualifica a uniformidade do espectro de gotas, onde valores menores indicam uma distribuição de diâmetros volumétricos mais homogênea. A análise de AR revelou que a adição

de adjuvantes não resultou em um benefício generalizável para a homogeneidade da pulverização. Em vez de uma tendência única, os dados demonstraram casos de aumento, redução e ausência de efeito significativo na AR. Este resultado indica que a uniformidade do espectro de gotas é uma propriedade governada pela interação específica entre adjuvantes, formulação do defensivo e ponta de pulverização (Tabela 9).

**Tabela 9 – Valores médios de amplitude Relativa (AR) de caldas fitossanitárias com produtos em suspensão concentrada (SC) isolados e associado a diferentes adjuvantes.**

Produto (SC)	AR				
	Sem Adj.	Ochima <sup>®</sup>	TA 35 Gold <sup>®</sup>	Surfom ADJ <sup>1</sup>	Silwet <sup>®2</sup>
Ampligo <sup>®</sup>	1,16 aA	1,16 aA	1,27 bB	1,15 aA	1,17 aA
Minecto Pro <sup>®</sup>	1,28 dC	1,27 dC	1,16 aA	1,24 cC	1,19 bA
Miravis <sup>®</sup>	1,15 aA	1,28 cC	1,16 aA	1,18 abA	1,24 bB
Priori XTRA <sup>®</sup>	1,20 aB	1,19 aAB	1,28 bB	1,20 aB	1,17 aA
Calaris <sup>®</sup>	1,20 abB	1,20 abB	1,17 aA	1,29 cD	1,23 bB

CV = 1,63%;  $F_{\text{prod}} = 22,76^{**}$ ;  $F_{\text{calda}} = 3,85^{**}$ ;  $F_{\text{inter}} = 39,87^{**}$

Letras minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas indicam médias que diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). CV: coeficiente de variação;  $F_{\text{prod}}$ : valor do F calculado para o fator produto – formulação suspensão concentrada;  $F_{\text{calda}}$ : valor do F calculado para o fator calda;  $F_{\text{inter}}$ : valor do F calculado para a interação entre produto e adjuvante. \*significativo a 5%; \*\*significativo a 1%; <sup>1</sup>Surfom ADJ 8860<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Silwet<sup>®</sup> L-77 Ag.

#### 4.3.1 Efeito dos Adjuvantes à Base de Óleo na AR

A adição de adjuvantes à base de óleo não resultou em um efeito generalizável sobre a uniformidade do espectro de gotas, medida pela Amplitude Relativa (AR) quando pulverizados com ponta de jato cônico. Os dados revelaram casos de aumento, redução e ausência do efeito significativo na AR, indicando que o resultado é dependente da interação específica com a formulação do defensivo e a ponta de pulverização (Tabela 6).

O adjuvante Ochima<sup>®</sup> apresentou um efeito majoritariamente nulo sobre o parâmetro, não alterando estatisticamente a AR para quatro das cinco formulações SC. A única exceção foi a calda com Miravis<sup>®</sup>, para qual sua adição resultou em um aumento da amplitude relativa, indicando uma pulverização mais heterogênea quando comparada sem o uso de adjuvante.

A adição de TA 35 Gold<sup>®</sup> resultou em três desfechos distintos a depender da formulação. Para as caldas com Ampligo<sup>®</sup> e Priori XTRA<sup>®</sup>, sua adição aumentou a AR, tornando a pulverização menos uniforme. Em contraste, para a calda com Minecto

Pro<sup>®</sup>, o efeito foi oposto, com a redução da AR e, conseqüentemente, uma maior homogeneidade das gotas. Para os demais defensivos, seu efeito foi nulo.

A observação de que o mesmo adjuvante pode aumentar, diminuir ou não alterar a uniformidade da pulverização, dependendo do defensivo em mistura, invalida qualquer generalização do seu efeito na AR. A explicação para essa variabilidade reside, provavelmente, na interação do adjuvante, defensivo e ponta de pulverização (Basellio *et al.*, 2024). Essa interação altera a estabilidade do volume líquido no momento do seu fracionamento em gotas de formas distintas, um fenômeno que não é governado apenas pela viscosidade, mas por um balanço reológico (Zhang; Xiong, 2021).

#### **4.3.2 Efeito dos Adjuvantes surfactantes na AR**

A adição de surfactantes não resultou em um efeito generalizável sobre a uniformidade do espectro de gotas medido pela AR. Em vez de uma tendência única, os dados revelaram casos de aumento, redução e ausência de efeito significativo. Este resultado indica que a modulação da homogeneidade da pulverização é uma propriedade governada pela interação específica entre o adjuvante, formulação de defensivo e ponta de pulverização.

A adição do surfactante não-iônico (Surfom ADJ 8860<sup>®</sup>) resultou em três desfechos distintos quando pulverizado com a ponta MGA<sup>®</sup>. Para a calda com Calaris<sup>®</sup>, sua adição aumentou a AR, indicando um espectro de gotas mais heterogêneo. Em oposição, para a calda com Minecto<sup>®</sup> Pro, o efeito foi a redução da AR, com conseqüente aumento da uniformidade da pulverização. Para os demais defensivos, seu efeito foi estatisticamente nulo.

O mesmo padrão de respostas múltiplas foi observado para o surfactante organossiliconado (Silwet<sup>®</sup> Li-77). Para a calda com Miravis<sup>®</sup>, sua adição aumentou a AR, enquanto nos tratamentos com Minecto<sup>®</sup> Pro e Priori XTRA<sup>®</sup>, a adição do Silwet<sup>®</sup> reduziu a AR, resultando em maior homogeneidade das gotas. Para os demais produtos, não houve alteração estatística significativa.

A variabilidade de resultados observada invalida qualquer predição de efeito sobre a uniformidade da pulverização baseada apenas na classe do adjuvante. A explicação para este fenômeno reside na reologia da calda, que vai além de propriedades isoladas como tensão superficial ou viscosidade. A hipótese é que a interação tripla entre o surfactante, os componentes da formulação SC e a ponta de

pulverização de jato cônico altera a viscoelasticidade do líquido de uma maneira única para cada combinação, o que pode tanto estabilizar quanto desestabilizar o processo de formação de gotas (Basellio *et al.*, 2024). Portanto, a seleção de um adjuvante com o objetivo de reduzir a Amplitude Relativa é uma estratégia que requer a validação experimental de cada sistema específico (defensivo-adjuvante-ponta), uma vez que o resultado final é uma propriedade governada por essa interação.

#### **4.4 Considerações Finais**

A seleção de um adjuvante para modular o espectro de gotas não deve ser baseada apenas em sua classe funcional (óleo ou surfactante, por exemplo). Os dados obtidos neste trabalho invalidam predições generalistas e reforçam a necessidade de validação experimental para cada combinação específica de adjuvante com um produto comercial (defensivo). Assim, este trabalho aponta para a necessidade de estudos futuros focados no entendimento dos mecanismos de geração de gotas e suas interações com as características físico-químicas das caldas, de forma a validar as interações específicas entre os adjuvantes e os diferentes tipos de formulações de defensivos.

## **5 CONCLUSÃO**

Houve interação significativa dos efeitos dos adjuvantes e dos produtos comerciais de formulação SC (suspensão concentrada) presentes nas caldas sobre os parâmetros avaliados do espectro de gotas, indicando que o espectro gerado na presença de cada tipo de adjuvante depende do produto comercial diluído na calda, e vice-versa.

O adjuvante Ochima® foi o único que proporcionou aumento o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e redução no percentual volumétrico de gotas menores do que 100 micrometros (V100) quando em mistura com todos os cinco produtos comerciais de formulação SC avaliados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, N. A.; BATISTA, F. P. da S. Uso de adjuvantes na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na produção da soja: uma revisão. **Revista Real**, v. 2, n. 1, 2023.

ANDRADE, G. P.; LOECK, A. E.; ÁVILA, L. A.; SCHRODER, E. P.; MARTINI, A. T. Aplicação aérea de imazapir + imazapique em combinações com adjuvantes, volumes de calda e equipamentos de aplicação no controle de arroz-vermelho. In: **Congresso Brasileiro Da Ciência Das Plantas Daninhas**, 27., 2010, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. Disponível em: <https://sbcpd.org/uploads/trabalhos/aplicacao-aerea-de-imazapir-imazapique-em-combinacoes-com-adjuvantes-volumes-de-calda-e-equipamentos-de-aplicacao-no-controle-de-arroz-vermelho-760.pdf>. Acesso em: 26 set. 2025.

ANTUNIASSI, U. R. Uso de adjuvantes na agricultura. **Congresso Brasileiro de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos**, 5., 2015, Campinas. Anais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2015. p. 45-49.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2019a. 373 p.

ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. et al. **Entendendo a tecnologia de aplicação: Caldas fitossanitárias e descontaminação de pulverizadores**. 1. a ed. Botucatu (SP): FEPAF, 2019b.

ANTUNIASSI, U. R.; CUNHA, J. P. A. R. Boas práticas na tecnologia de aplicação dos defensivos agrícolas. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. 2. ed. rev. ampl. cap. 21, p. 355-365.

ANTUNIASSI, U.R.; BAILO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p.174-175.

BASELLIO, S.; FURTADO JÚNIOR, M. R.; ALVARANGA, C. B.; VITÓRIA, E. L. da; VARGAS, B. C.; PRIVITERA, S.; CARUSO, L.; CERRUTTO, E.; MANETTO, G. Effect of Adjuvants on Physical–Chemical Properties, Droplet Size, and Drift Reduction Potential. **Agriculture**, v. 14, p. 2271, 2024. DOI: 10.3390/agriculture14122271

CARVALHO, F. K.; ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B.; KRUGER, G. R. Blade angle effect on droplet size spectrum of Rotary atomizers used in Brazil. **Engenharia Agrícola**, 36: 1118-1125, 2016.

CHECHETTO, R. G. Métodos de coleta de deposição para ensaios de deriva em aplicações aéreas. 2015. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 3, p. 130–142, 2012. Disponível em:

<https://carcara.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/650>. Acesso em: 3 jul. 2025.

CHETHAN, C. R.; SINGH, P. K.; DUBEY, R. P.; CHANDER, S.; GHOSH, D. Herbicide application methodologies: influence of nozzle selection, droplet size and spray drift on effective spraying—a review. **Innovative Farming**, v.4(1), p. 045-053 2019.

COSTA, M. L. K. Qualidade e deriva de aplicações com pontas de jacto cônico vazio em duas pressões de trabalho. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2023. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFPR.**

CRODA AGRICULTURE. Suspension concentrate. **Acesso Digital**. 2025. Disponível em: <https://www.crodaagriculture.com/pt-br/applications/suspension-concentrate>. Acesso em: 20 jun. 2025.

CUNHA, J. P. A. R. D.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p.597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. da; REIS, E. F. dos; SANTOS, R. D. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência rural**, v. 36, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R. da; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, C. M. Bicos de pulverização para aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. cap. 5, p. 81-106.

CUNHA, J. P. A. R.; ROMAN, R. A. A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1–10, 2010.

DABA, N. A.; PANDEY, B.; SHIMELIS, H.; MUPANGWA, W.; MASHISHA, A.; MUGO, S.; TONGOONA, P.; RAMASHALA, P. Long-term fertilization and lime-induced soil pH changes affect nitrogen use efficiency and grain yields in acidic soil under wheat-maize rotation. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 10, p. 2069, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102069>. Acessado em: 25 de jun. de 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Acesso em: 3 de jul. de 2025.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; KRUGER, G. R.; HENRY, R. S.; HEWITT, A.; CZACZYK, Z. Comparison of drop size data from ground and aerial application nozzles at three testing laboratories. **Atomization Sprays**, 24: 181-192, 2014.

GODINHO JÚNIOR, J. D.; VIEIRA, L. C.; RUAS, R. A. A.; CARVALHO FILHO, A.; FARIA, V. R.; GOD, P. I. V. G. Spray nozzles, working pressures and use of adjuvant in reduction of 2,4-D herbicide spray drift. **Planta Daninha**. 2020;38:e020223622. doi:10.1590/S0100-83582020380100070

GRIESANG, F. Misturas de produtos em tanque influenciam o desempenho das aplicações fitossanitárias? 2022. 114 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)**, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

HESS, F. D.; FOY, C. L. Interaction of surfactants with plant cuticles. **Weed Technology**, v. 14, n. 4, p. 807-813, 2000.

HLOWNICKI, R. et al. Effect of Nozzle Type and Adjuvants on Spray Coverage on Apple Leaves. **Agriculture**, v. 11, n. 9, p. 855, 2021. DOI: 10.3390/agriculture11090855.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 10626: Agricultural machinery — Sprayers — Colour coding for identification of nozzles**. Genebra: ISO, 1996.

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

KLEIN, R. N.; KRUGER, G. R. Nozzles selection and sizing. **University of Nebraska Lincoln extension**, EC141, 2011.

KRAUS, G. A. Formulation of Agrochemicals. In: KRAUS, G. A. (Ed.). **Recent Developments in Agrochemicals**. Washington, DC: American Chemical Society, 2020. cap. 1, p. 1-17. (ACS Symposium Series, v. 1361). DOI: 10.1021/bk-2020-1361.ch001.

LI, X.; CHEN, L.; TANG, Q.; LI, L.; CHENG, W.; HU, P.; ZHANG, R. Characteristics of the spatial distribution of droplet size and velocity with different adjuvants in spraying by spray nozzles. **Agronomy**, v.2 (8), p.1960, 2022.

MACHADO, W. A.; SILVA, S. M.; CARVALHO, S. M.; CUNHA, J. P. A. R. da. Effect of nozzles, application rates, and adjuvants on spray deposition in wheat crops. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, p. 83–88, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p83-88/2019>. Acesso em: 14 de mai. De 2025.

MAGNOJET. MGA 90° – Ponta cerâmica de pulverização agrícola. **Acesso Digital**. 2023. Disponível em: <https://magnojet.com.br/produtos/mga-90>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MARTINI, A. T.; AVILA, L. A.; CAMARGO, E. R.; MOURA, D. S.; MARCHEZAN, M. G.; PIVETTA, A. P. Influência de adjuvantes e pontas de pulverização na deriva de aplicação do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 375–386, abr./jun. 2015. DOI: 10.1590/0100-83582015000200024

MATSUMURA, F. **Toxicology of insecticides**. USA, Springer Science & Business Media, 2012.

MATTHEWS, G. A. Pesticide application methods. 3. ed. **Oxford: Blackwell Science**, 2000.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. Formulation of pesticides. In: Pesticide application Methods. 4ed. **Oxford: John Wiley & Sons**, p. 63-89, 2014.

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

MELO, A.A. Efeito de adjuvantes associados a inseticidas no controle de lagartas e percevejos em soja, 2012. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)** - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from a tractor-mounted boom sprayer. **Crop Protection**, v. 19, n. 8-10, p. 609-615, 2000.

MONIZ, A. Cobertura das folhas de soja utilizando diferentes pontas de pulverização. **Dissertação**, Unesp/Botucatu, 2020.

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, p.1-5, 2013.

NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELAERE, M.; BAETEN, M.; SONCK, B. The influence of operator, nozzle type and size on spray drift from field crop sprayers. Transactions of the **ASABE**, v. 52, n. 5, p. 1471–1480, 2009.

OLIVEIRA, A. A. F. de. Formulação: suspensão concentrada. 2021. 46 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)**. Faculdade de Americana, Americana, SP, 2021.

PAN, Y.; REN, Y.; LUNING, P, A. Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products – A review. **Food Control**, v. 122, p. 107788, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107788>. Acesso em: 3 jul. 2025.

PONTIN, J. C. et al. Panorama sobre o uso de agrotóxicos para café e citros: análise nas agências regulatórias nacionais e internacionais. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 1, n. 2, 2022.

QUEIROZ, M. F. P. de. Deriva e espectro de gotas de pontas com e sem indução de ar, na pulverização de 2, 4-d isolado e em mistura com glyphosate. **Tese (Doutorado)** – Faculdade de Ciências Agrônômicas FCA/UNESP. Botucatu, 2022.

QUEIROZ, M. F. P. de. 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”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R.G. Adjuvantes e Formulações. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF, 2019. Cap. 2. p. 29-47.

RAETANO, C. G.; MOTA, A. A. B. Pontas de pulverização hidráulicas. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF, Cap. 6. p. 67-90, 2019.

ROCHA, A.; ALVES, G. S.; MELIDO, R. C. N.: AVALIAÇÃO DO USO DE ADJUVANTES NA CULTURA DA SOJA. **Anais do 1º Simpósio de TCC**, faculdades FINOM e Tecsoma. 2019; 16-29.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, 45: 274-279, 2015.

SHARDA, A.; SLOCOMBE, J. W. Understanding controller setup for accurate liquid application. Kansas State University **Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**. 2015.

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)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2013.

SILVA, A. C. A.; ANTUNIASSI, U. R.; OLIVEIRA, R. B.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Efeito de diferentes adjuvantes no espectro de gotas e no potencial de deriva em pulverizações agrícolas. In: **Congresso Brasileiro Da Ciência Das Plantas Daninhas**, 27., 2010, Ribeirão Preto. Anais [...]. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. Disponível em: <https://sbcpd.org/uploads/trabalhos/efeito-de-diferentes-adjuvantes-no-espectro-de-gotas-e-no-potencial-de-deriva-em-pulverizacoes-agricolas-880.pdf>. Acesso em: 26 set. 2025.

SPANOGHE, P., De SCHAMPHELEIRE, M., VAN DER MEEREN, P.; STEURBAUT, W. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 63, n. 1, p. 4-16, 2007.

STEVENS, P. J. G.; GASKIN, R. E.; HONG, S. O. Contributions of stomatal infiltration and cuticular penetration to enhancements of foliar uptake by aqueous solutions. **Pesticide Science**, v. 33, n. 3, p. 371-382, 1992.

SYMPATEC GmbH. Laser Diffraction for Particle Size Analysis at Absolute Precision. **Acesso Digital 2010**. Disponível em: [https://archive.sympatec.com/docs/LaserDiffraction/publications/LD\\_2010\\_AbsolutePrecision.pdf?form=MG0AV3](https://archive.sympatec.com/docs/LaserDiffraction/publications/LD_2010_AbsolutePrecision.pdf?form=MG0AV3). Acesso em: 16 fev. 25.

TEEJET TECHNOLOGIES. Catálogo 51A-PT – Pontas de pulverização agrícola. **Acesso Digital**. Wheaton: TeeJet Technologies, 2023. Disponível em: <https://www.teejet.com/-/media/dam/agricultural/brazil/sales-material/catalog/cat51a-pt.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

WANG, X.; LIU, Y.; WANG, S.; WANG, S. Effects of spray adjuvants on droplet deposition characteristics in litchi trees under UAV spraying operations. **Agronomy**,

Basel, v. 14, p. 2125, 2024. Disponível em:  
<https://doi.org/10.3390/agronomy14092125>.

ZHANG, X.; Xiong, L. Effect of adjuvants on the spray droplet size of pesticide dilute emulsion. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 619, p. 126557, 2021. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2021.126557.