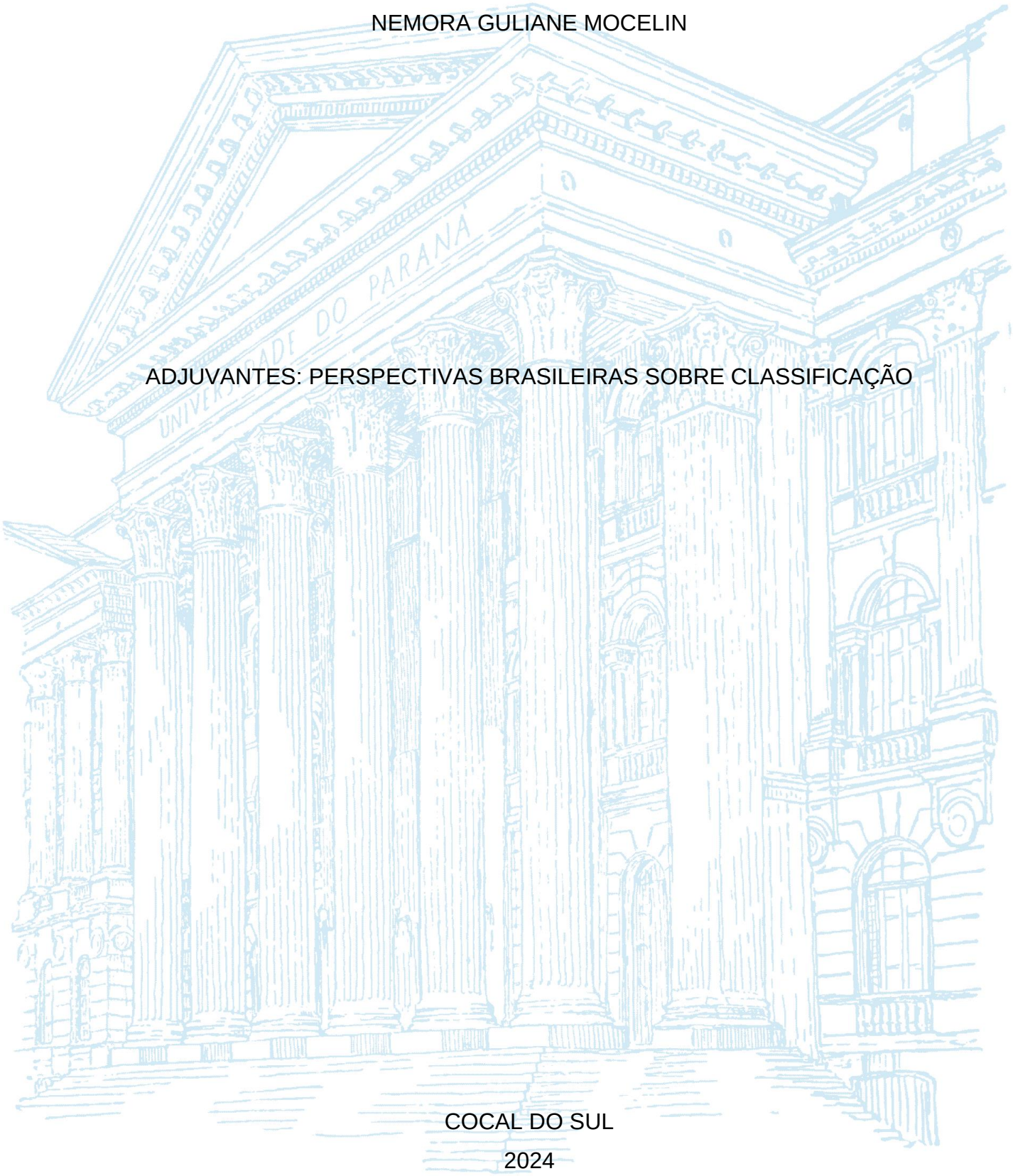
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NEMORA GULIANE MOCELIN



ADJUVANTES: PERSPECTIVAS BRASILEIRAS SOBRE CLASSIFICAÇÃO

COCAL DO SUL

2024

NEMORA GULIANE MOCELIN

ADJUVANTES: PERSPECTIVAS BRASILEIRAS SOBRE CLASSIFICAÇÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

COCAL DO SUL

2024

Dedico este trabalho a minha querida família, ao meu esposo, Artur, que faz os meus dias serem melhores e mais leves, sempre me apoiando nas decisões que tomo, aos meus pais, Fernande e Neiva, por sempre priorizarem a educação e minha irmã, Fernanda, por ser minha fortaleza e apoio incondicional, e que mostre para meus sobrinhos Heitor e Thomás a importância da educação. Dedico a Deus, ao grande Pai de toda vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a instituição UFPR por proporcionar um curso tão enriquecedor e cheio de profissionais extremamente qualificados. Agradeço a Deus, por nunca ter me abandonado e sempre me ajudando a manter a fé. Agradeço ao Artur, por sempre estar ao meu lado, o teu apoio é fundamental. A minha irmã, por sempre me escutar e orientar nos caminhos buscados. Aos meus pais, pela paciência.

A persistência é o caminho para o êxito

(CHARLES CHAPLIN, 1997, p.118)

RESUMO

Como um dos principais produtores de alimentos do mundo, o Brasil está respondendo à crescente demanda por alimentos mais saudáveis e ecologicamente corretos em todo o mundo. Isso significa que é necessário melhorar a eficiência e precisão do uso de agrotóxicos para atingir os objetivos de tratamento de culturas sem prejudicar o meio ambiente. A fim de atingir esse objetivo, várias tecnologias, como a tecnologia de aplicação de produtos e o uso crescente de adjuvantes, têm sido implementadas para aumentar a eficiência desses processos. O objetivo principal deste estudo é realizar uma revisão completa da literatura existente sobre o assunto, com ênfase em artigos escritos por autores brasileiros. Também se concentrará em questões relacionadas às propriedades físico-químicas da água, tamanho da gota e volume da calda. Embora exista uma grande quantidade de literatura disponível, a pesquisa continua a ser necessária.

Palavras-chave: Adjuvante 1. Propriedades Físico-Químicas 2. Espectro de Gota 3. Volume de Calda 4. Classificação de Adjuvantes 5.

ABSTRACT

As one of the world's leading food producers, Brazil is responding to the growing demand for healthier and more environmentally friendly foods around the world. This means that it is necessary to improve the efficiency and precision of pesticide use to achieve crop treatment objectives without harming the environment. In order to achieve this goal, several technologies, such as product application technology and the increasing use of adjuvants, have been implemented to increase the efficiency of these processes. The main objective of this study is to carry out a complete review of the existing literature on the subject, with an emphasis on articles written by Brazilian authors. It will also focus on issues related to the physical-chemical properties of water, droplet size and syrup volume. Although there is a large amount of literature available, research continues to be needed.

Keywords: Adjuvants 1. Physicochemical property 2. Droplet size 3. Syrup of volume 4. Adjuvants of classification 5.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TAMANHO DE GOTA.....33

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – FORMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE DUREZA DA ÁGUA 30
QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DO TAMANHO DE GOTA.....34

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ASTM	- American Society for Testing and Materials
pH	- Potencial de Hidrogênio
WG	- Granulado Dispersível
SL	- Concentrado Solúvel
UV	- Radiação Ultravioleta
DMV	- Diâmetro Médio Volumétrico
L	- Litros
ha	- Hectare

LISTA DE SÍMBOLOS

μ - micro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 JUSTIFICATIVA 16
1.2 OBJETIVOS 16
1.2.1 Objetivo geral 16
1.2.2 Objetivos específicos 16
2 REVISÃO DE LITERATURA 17
2.1 ADJUVANTES 19
2.1.1 Surfactante 19
2.1.2 Óleos 20
2.1.3 Adesivos 21
2.1.4 Redutores de deriva ou antideriva 22
2.1.5 Redutores de espuma ou antiespumante 22
2.1.6 Condicionadores de calda 22
2.1.7 Protetores ou *extenders* 23
2.1.8 Depositantes 24
2.1.9 Umectante 24
2.1.10 Adjuvantes a base de amônio ou nitrogenados 24
2.1.11 Multifuncionais 25
2.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA 25
2.2.1 Tensão Superficial 26
2.2.2 Viscosidade 27
2.2.3 pH 28
2.2.4 Condutividade Elétrica 29
2.2.5 Dureza 30
2.3 PULVERIZAÇAO AGRÍCOLA 31
2.3.1 Tamanho de Gota 32
2.3.2 Volume de aplicação 34
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 37
3.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 37
REFERÊNCIAS 38

1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto agrícola mundial, e também, do brasileiro, o uso de produtos químicos para o controle de plantas daninhas, insetos e doenças é amplamente utilizado. O produto em si é um dos meios, para o controle eficaz do agente. Do processo da aplicação, entre o produto realmente atingir o alvo biológico encontramos características do produto químico, o alvo biológico, o equipamento aplicador e condições meteorológicas, que podem interpor alguma alteração no processo de aplicação. O conjunto dessas características de aplicações é conhecido como tecnologia de aplicação.

O proposito principal de uma aplicação agrícola é atingir o alvo, com elevado grau de controle, reduzindo danos, assegurando uma sustentabilidade ao sistema e evitando efeitos indesejáveis para o ambiente. A evolução dos processos de tecnologia de aplicação tem permitido diminuir os efeitos negativos em outras áreas. A tomada de decisão de quais produtos devem ou não ser utilizados, o momento de aplicação e que assim, seja efetiva. Globalmente, o principal gargalo na aplicação é a deriva.

A deriva, é o fenômeno que ocorre quando o produto aplicado se deposite em local não desejado, causada pelas condições ambientais como velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e inversão térmica. A força da deriva também está relacionada ao tamanho de gota, distância liberada do local de deposição e velocidade de liberação.

Podemos adicionar alguns produtos na aplicação para ajudar a reduzir a deriva, como é o exemplo dos adjuvantes. Eles diminuem o tamanho de gotas, aumentando a eficiência da aplicação. A quantidade e características de adjuvantes presentes no mercado é alta e atuam de maneiras diferentes entre si, saber a sua utilização exata, acaba trazendo dificuldades na tomada de decisões no campo. Desta forma, está revisão bibliográfica tem o objetivo de trazer informações atuais e contextualizadas com o meio.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como base a revisão de literatura brasileira, quanto aos adjuvantes, propriedades físicas química da água (tensão superficial, pH, dureza da água, viscosidade) e também algumas características da pulverização química (volume de calda e tamanho de gota). Os assuntos abordados são correlacionados entrei si, sendo necessário um maior aprofundamento dentro de alguns itens.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Revisar a literatura com informações atuais sobre o conceito de adjuvantes, interações físico-químicas de água, adjuvantes e entender melhor qual o tamanho de gota e volume de calda ideal para cada aplicação.

1.2.2 Objetivos específicos

Descrever cada tipo de adjuvante;
Descrever características dos adjuvantes;
Definir características físico-químicas da água de aplicação
Descrever propriedades de espectro de gotas e volume de aplicação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A história dos adjuvantes começa a ser relatada em meados do século 18, quando aditivos eram usados para melhorar as condições físicas e químicas de caldas (Green e Beestman, 2007), sendo elas resinas de pinheiro, farinha de trigo, melaço de cana e alguns outros componentes (Oliveira, 2011). No início do Século XX as pulverizações agrícolas foram marcadas pela utilização de grandes quantidades de calda (Silva, et al., 2008), o que gerava um grande problema ambiental. Minimizar a contaminação ambiental é um dos maiores desafios para os aplicadores, devido à forte pressão da sociedade por uma produção agrícola socialmente sustentável e ambientalmente segura (Quirino, et al., 2013). Deste movimento, surgiu opções para melhorar a eficiência da aplicação e o adjuvante mostrou-se uma delas, para melhor aproveitamento do químico, devido ao seu potencial de redução de deriva, diminuição do contato do empregado com o produto, riscos de contaminação ambiental, aumento da segurança de aplicação.

No Brasil, pelo Decreto 98.816/1990, que regulamentava a Lei n° 7.802/90, conhecida pela Lei dos Agrotóxicos, o adjuvante foi definido como ‘’substância usada para imprimir as características desejadas na formulação’’, posterior a isso, o Decreto 4.072/2002 definiu adjuvante como ‘’produto utilizado em mistura com produtos fitossanitários para melhorar sua aplicação’’. Desde 27 de dezembro de 2023, temos uma nova Lei dos Agrotóxicos, data pelo número 14,785/2023, que redige no primeiro artigo, segundo parágrafo que ‘’os produtos adjuvantes não são regulados por esta lei e serão redigidos por regulamento específico’’. Sendo assim, o adjuvante não é classificado como agrotóxico e terá uma regulamentação própria em breve.

Interações complexas podem resultar em aumento (sinergismo) ou redução (antagonismo) da eficiência no controle do alvo desejado (Ribeiro, et al., 2021). As características da pulverização, principalmente tamanho e velocidade das gotas podem ser significativamente modificados pela adição de formulações ao tanque (Iost, 2008). O sucesso do tratamento fitossanitário depende da utilização de produtos com eficácia comprovada (Silva, et al., 2008) e durante a pulverização do herbicida ou de outros defensivos agrícolas, parte da quantidade aplicada não atinge o alvo desejado (Carbonari, et al. 2005). Os adjuvantes são adicionados à calda de

pulverização para aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos (Carlesso e Bariviera, 2022).

Dentre os efeitos dos adjuvantes, destaca-se a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu achatamento, o que aumenta a sua superfície de contato com o alvo biológico e melhora a cobertura deste (Queiroz, et al., 2008). A eficiência da pulverização é um dos pilares para uma correta utilização de agrotóxicos. O uso de adjuvantes – os quais têm por finalidade promover alterações na calda de pulverização, possibilitando minimizar os efeitos ambientais e individuais de cada espécie e que possam comprometer a eficiência (Carbonari, et al., 2005). O uso em larga escala dos adjuvantes, acarreta, na ponta, a dificuldade da tomada de decisão dos produtos e sua eficiência no processo de pulverização.

A ciência relata diferentes modos para classificar os adjuvantes, porém, junto aos órgãos competentes são classificados de maneira simplificada como adjuvantes, espalhantes ou espalhantes-adesivos (Oliveira, 2011). Ainda, no mesmo estudo, o autor corrobora que a maioria dos resultados de seu trabalho, classificaria os adjuvantes como espalhantes, o que não representa a realidade deles. No estudo realizado por Oliveira (2021), são classificados por funcionalidades, em modificadores de propriedades físico-químicas da calda (compatibilidade, solubilidade, estabilidade, formação de espuma e pH), processos de pulverização (redutores de deriva e da evaporação), ativadores com interferência na interação com o alvo (retenção, adesão, molhamento e espalhamento) e mobilidade no alvo (absorção, penetração e translocação).

Os adjuvantes podem ser empregados para desempenhar específicas funções, incluindo tamponantes, dispersantes, emulsificantes, molhantes, adesivos e espalhantes (Oliveira, 2011), ainda antideriva, penetrante, antiespumante. Alguns trabalhos mostram a influência do uso de classes de adjuvantes nas características da pulverização, seja na estabilidade da calda, produção e transporte de gotas ao alvo ou performance da mesma quando depositada (Decaro Junior, 2015). O autor ainda relata que não se pode inferir sobre as interações entre tensão superficial da calda, viscosidade**,** pH, condutividade e demais variáveis**.**

Os agentes condicionadores de calda reduzem os problemas relacionados à água dura isolando a carga elétrica e suprimindo a reatividade de moléculas e íons que podem reduzir a eficiência dos produtos químicos (Hock, 2004). As

características da pulverização, principalmente o tamanho e a velocidade das gotas, podem ser significantemente modificados pela adição de formulações ao tanque (Souza, et al., 2013).

O tamanho de gotas e o volume de aplicação de produtos na lavoura são fatores básicos que devem ser considerados em primeiro lugar para o planejamento assim como o momento adequado, as condições climáticas, a recomendação do produto e as condições operacionais devem ser considerados em conjunto para que todo o sistema esteja ajustado, visando o máximo desempenho, o mínimo de perdas e o menor impacto ambiental (Antuniassi, 2009). Características ambientais, como umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura não costuma ser acompanhada por muitos produtores rurais, e a falta de monitoramento afeta diretamente a eficiência das aplicações causando impactos ambientais (Bonfanda, 2018).

As propriedades, intrínsecas às gotas, estão intimamente relacionadas aos componentes da formulação, com destaque à quantidade de adjuvantes na composição de cada produto (Carlesso e Baviriera, 2009). Ainda segundo os mesmos autores, o uso de adjuvantes é prática recomendável em diversas situações, pelo fato de promoverem alterações na calda de pulverização. Há diversos produtos para uso agrícola que são recomendados para atuar junto à calda de pulverização com o intuito de modificar características físico-químicas das soluções (Iosti, et al. 2010), sendo eles denominados adjuvantes.

2.1 ADJUVANTES

2.1.1 Surfactante

Os surfactantes facilitam ou melhoram a emulsificação, dispersão, molhamento e adesão das partículas de agrotóxico, bem como reduzem a tensão superficial da água (Oliveira, 2011). Segundo o mesmo autor, são agrupados conforme de acordo com forma de ionização ou dissociação em água: não iônicos (neutros ou sem carga iônica), aniônicos (carga negativa), catiônicos (carga positiva) e os anfóteros (dependente do pH da solução).

A utilização de surfactantes na calda tem por objetivo melhorar a eficiência das pulverizações foliares de herbicidas, reduzir o impacto das interferências ambientais e permitir uma penetração cuticular mais eficiente (Souza, et al., 2013). Os surfactantes, exercem papel fundamental no sistema, são agentes químicos que interagem com a superfície dos materiais, pois a modificação no comportamento interfacial entre a solução aspergida e a folha evita que áreas fiquem descobertas, aumentando a eficiência da aplicação (Gonçalves, et al., 2011), isso porque facilita o molhamento em superfícies hidro-repelentes e facilita o contato da calda com a cutícula em superfícies pilosas (Souza, et al., 2013) e ainda, atuam modificando as forças interfaciais, com orientação das suas moléculas entre as interfaces, promovendo ajustamento mais íntimo de duas substâncias (Durigan, 1993), que nada mais é superfície e substância. Porém, sob condições de baixa umidade, os surfactantes sozinhos podem não manter as gotículas do herbicida úmidas por tempo suficiente para uma absorção efetiva (Oliveira, 2011).

Os surfatantes aniônicos são mais eficientes quando utilizados com agrotóxicos de contato. A penetração da calda pelos estômatos não ocorre sem a presença de surfatantes, sendo os organosilicones os surfatantes que tem o maior potencial de reduzir a tensão superficial para que a infiltração pelos estômatos seja possível (Hess, 1999) pois reduzem a evaporação. Em seu trabalho, Vilela (2012) relata que ocorreu redução do tempo de evaporação quando um surfatante foi adicionado à calda de um inseticida, ao contrário da adição de um redutor de deriva, que aumentou o tempo de evaporação.

2.1.2 Óleos

Os óleos minerais e os óleos vegetais possuem amplo espectro de uso, usados isoladamente para controle de pragas, e também, como adjuvantes às caldas de pulverização. Os óleos minerais e vegetais são disponibilizados como produtos puros ou formulados (Antuniassi, 2009). Os óleos vegetais são extraídos de sementes de algodão, soja, girassol, canola e colza e os óleos minerais são derivados do petróleo (petróleo bruto extraído das refinarias) (Oliveira, et al., 2011). Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem a penetração, o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e a tensão superficial

(Mendonça e Raetano, 2007), além de melhorar a adesão do ingrediente ativo na folha. O uso de óleo como adjuvante com as funções de adesão e penetração se baseia nas características do óleo como solvente das ceras e das camadas superficiais das folhas das plantas (Antuniassi, 2009). Outro autor cita como as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de agrotóxicos, a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes (Queiroz, et al., 2008).

As categorias de óleos usados na agricultura são classificadas como: óleo mineral concentrado, óleo mineral emulsionável, óleo vegetal concentrado, óleo vegetal modificado e óleo vegetal modificado concentrado (Oliveira, 2011). O autor ainda caracteriza as categorias:

> O óleo mineral concentrado é definido como um produto baseado em óleo mineral emulsionável com 5 a 20% de surfatante e um mínimo de 80% de óleo mineral altamente refinado. O óleo mineral emulsionável é um produto baseado em óleo mineral emulsionável contendo até 5% de surfatante e o restante de óleo mineral altamente refinado. O óleo vegetal concentrado é um óleo vegetal emulsionável contendo 5 a 20% de surfatante e um mínimo de 80% de óleo vegetal. O óleo vegetal modificado é um óleo extraído de semente que foi quimicamente modificado (por exemplo, ésteres metilados ou etilados). O óleo vegetal concentrado modificado é um emulsionável, óleo vegetal modificado quimicamente contendo 5 a 20% de surfatante e o restante de óleo vegetal modificado (Oliveira, 2011, p.13)

Os óleos podem ser utilizados nas aplicações agrícolas com diversas finalidades, tais como o controle de insetos ou fungos (Minguela e Cunha, 2010). A adição de óleos a alguns inseticidas melhora o nível de controle de insetos em citros e outras culturas (Mendonça e Rataneo, 2007). Queiroz, et al. (2008) avaliaram o efeito do óleo de soja como adjuvante no tamanho de gotas analisadas em alvos artificiais, e concluíram que ocorre um aumento no diâmetro de gotas com o acréscimo de óleo à calda de pulverização, o que reduz a deriva.

2.1.3 Adesivos

Segundo a classificação da ASTM, de 2016, citada por Oliveira, 2021, os adjuvantes considerados adesivos auxiliam o deposito da gota de pulverização a

aderir ao alvo e pode ser medido em termos de resistência ao tempo, vento, água, ação mecânica e ação química. São ativados pela luz do sol ou pela radiação ultravioleta. Apresentam afinidade com a água e forte adesão à cera e à cutina da superfície dos órgãos da planta (Souza, 2014).

2.1.4 Redutores de deriva ou antideriva

Os adjuvantes classificados como agentes redutores de deriva alteram características físico-químicas da calda, como a viscosidade (Oliveira, 2011), reduzindo assim a formação de gotas muito finas, esses produtos normalmente são algum tipo de polímero de cadeia longa ou goma (Contiero et al., 2018). Se usadas de maneira correta, gotas maiores oferecem bom nível de depósito (quantidade de defensivo no alvo), apesar de não proporcionar as melhores condições de cobertura (Antuniassi, 2009). Outros adjuvantes podem ser usados para reduzir a deriva, como óleos e surfatantes.

2.1.5 Redutores de espuma ou antiespumante

O excesso de espuma no tanque de mistura causa inúmeros problemas para o aplicador, como escoamento de espumas para fora do tanque ou dificultando a lavagem e limpeza do pulverizador (Oliveira, 2011). Os agentes antiespumantes são compostos obtidos a partir da diluição do silicone em um solvente apropriado para o uso final do produto (Garcia, et al., 2004), reduzem a formação de espumas no tanque de pulverização em função de serem produtos de boa resistência à radiação ultravioleta, boas propriedades umectantes, antifricção e lubricidade, inércia hidrofóbica e fisiológica, estabilidade ao cisalhamento e baixa tensão superficial (Oliveira, 2011).

2.1.6 Condicionadores de calda

Os agentes condicionadores são produtos que ampliam a gama de situações sob as quais se pode utilizar uma formulação (Oliveira, 2011), e também, são classificados como um material de superfície ativa que permite mesclar produtos

com características e formulações diferentes. Reduzem interações físico-químicas entre as caldas de aplicação, permitindo a combinação entre líquidos imiscíveis como água e óleo, e de formulações (WG com SL) (Jesus, 2022). Eles são projetados para lidar com problemas específicos relacionados à água utilizada na mistura, como alta dureza, pH desfavorável, presença de íons metálicos e outros fatores que podem afetar a estabilidade e a eficiência dos agrotóxicos (Polanski, 2023).

São separados por acidificantes, tamponantes e quelatizantes. Os dois primeiros, utilizados para o ajuste do pH, devido a alguns agrotóxicos sofrerem hidrolise, reduzindo eficiência, alguns materiais usados como acidificantes são o ácido cítrico e o ácido fosfórico. O tamponente, faz com que a água se mantenha no pH (entre 5,0 e 7,0) no qual o agroquímico é eficiente, sendo eles o citrato, fosfato e ácido de sódio usados para tal efeito. O quelatizante é utilizado quando é necessário evitar uma reação iônica com íons de ferro, cobre, zinco, níquel e magnésio, que diminui a ligação destes íons com as moléculas dos agrotóxicos.

A utilização de condicionadores de calda em associação à herbicidas na calda de aplicação vêm sendo utilizada como ferramenta para otimizar a eficiência no controle de plantas daninhas (Procópio, et al., 2003). Quando o pH da água está alto, pode ocorrer a rápida degradação do herbicida por hidrólise alcalina; visto que a constante de dissociação de moléculas iônicas depende do pH (Inoue, et al., 2018).

2.1.7 Protetores ou *extenders*

São adjuvantes que funcionam como adesivos retendo o defensivo mais rapidamente no alvo, reduzindo a velocidade de volatilização e inibindo degradação por raios ultravioletas (UV) (Oliveira, 2011). Eles podem fazer isso por alguns processos físicos ou químicos, como aumentar a taxa de retenção do herbicida pela cutícula ou por absorção dos raios ultravioletas (Putti, et al., 2014). Foram um polímero semelhante ao plástico na folhagem, no qual o ingrediente fica preso, formando um ambiente úmido dentro, que provavelmente facilitara a absorção do nutriente pela planta (Stevens, 1994). Eles também evitam a aglomeração de

partículas, através da redução das forças de coesão, fazendo com que as suspensões fiquem estáveis por um determinado tempo.

2.1.8 Depositantes

Depositantes são adjuvantes que aumentam a deposição da pulverização no alvo (Vilela, 2014). Os agentes depositantes podem melhorar a deposição por dois métodos: o primeiro pelo aumento direto da quantidade de agrotóxico depositado e o segundo pela uniformidade de deposição sobre o dossel das plantas (Oliveira, 2011).

2.1.9 Umectante

As perdas por evaporação durante a aplicação de agrotóxicos são consideradas uma das principais perdas que ocorrem nesta etapa da produção agrícola (Santiago e Guazzelli, 2021). Adjuvantes desta categoria tem a capacidade de manter as gotas depositadas sobre os alvos por mais tempo, podendo resultar em maior absorção do ingrediente ativo, e, consequentemente, maior eficácia da aplicação. (Vilela, 2014). Eles mantêm a umidade dos depósitos de pulverização em forma de uma verdadeira solução e, portanto, estendem o tempo do herbicida para a absorção (Oliveira, 2011). Estes produtos são importantes principalmente em condições de baixa umidade relativa do ar e elevada temperatura. O secamento rápido da gota pode resultar na cristalização das moléculas do herbicida na superfície da folha e isso pode impedir a absorção deste pela planta. Os umectantes comumente usados incluem o glicerol, propileno glicol, dietileno glicol, polietileno glicol, uréia e sulfato de amônio (Oliveira, 2011)

2.1.10 Adjuvantes a base de amônio ou nitrogenados

Os fertilizantes a base de amônio ou nitrogênio são frequentemente adicionados aos herbicidas e apresentam a função de adjuvantes ativadores porque auxiliam na prevenção de formação de precipitados no tanque de mistura ou sobre a superfície das folhas (Oliveira, 2011). Alguns destes compostos têm a penetração

facilitada, podendo melhorar também a passagem de outras moléculas, além do estímulo fisiológico, uma vez que a entrada de nitrogênio nas folhas induz a ativação momentânea da fisiologia (Vilela, 2014). Eles também reduzem a tensão superficial, aumentando o espalhamento do herbicida sobre as folhas, neutraliza as cargas iônicas e aumenta a penetração do herbicida dentro das folhas (Oliveira, 2011). Os fertilizados a base de amônio mais utilizados são ureia e sulfato de amônio (Carvalho, 2009). O sulfato de amônio reduz a dureza da água (rica em íons de cálcio e magnésio), enquanto a ureia pode estar associada ao pH.

2.1.11 Multifuncionais

São adjuvantes com vários ingredientes para várias funcionalidades. Como exemplo podemos citar redutores de deriva misturados com surfactantes, redutores de pH e afins. Segundo o autor, Cunha (2017):

> ‘’O adjuvante multifuncional a base de moléculas orgânicas é recomendada para maior espalhamento foliar, agente surfactante, antiespumante e antideriva. O adjuvante a base de lauril éter sulfato de sódio é um adjuvante sintético, composto também por tensoativos, sequestrantes e emulsificantes, com propriedades antievaporantes e espalhante adesivo. O adjuvante composto por ácido propiônico e lecitina de soja é recomendado para redução da tensão superficial, uniformização das gotas, redução de deriva e tamponante para caldas. O adjuvante a base de óleo essencial de laranja é constituído por óleo essencial de laranja e micronutrientes essenciais, recomendado para redução da tensão superficial, aumentando o espalhamento e a fixação. Por fim, o siliconado multifuncional é um adjuvante siliconado, com recomendação para redução do pH da calda e espalhamento da gota’’ (Cunha, 2017, p.48).

Faz necessário, no mercado brasileiro, que se tenha uma certificação funcional dos adjuvantes, em especial dessa classe, pois alguns multifuncionais podem não contemplar todas as funções indicadas na bula ou no rótulo (Lima, 2020).

2.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

A formação de gotas e a retenção na superfície foliar é um fenômeno complexo que envolve as propriedades físicas e químicas. As principais

propriedades físicas e químicas que podem alterar a eficiência de uma calda de aplicação podem ser a viscosidade, densidade, tensão superficial, e potencial hidrogeniônico (Oliveira, 2011). Citado por Oliveira, 2021, os adjuvantes otimizam as propriedades físicas e químicas da calda de pulverização, assim auxilia no desempenho biológico do ingrediente ativo. O mesmo autor cita em seu texto, estudos que relatam que isso pode ser alcançado por meio da alteração das propriedades, viscosidade e tensão superficial, densidade, impactando na fragmentação das gotas de pulverização, ou seja, no jato de pulverização e retenção foliar.

2.2.1 Tensão Superficial

A água é o solvente natural mais conhecido e o mais usado nas aplicações de defensivos. Devido a elevada tensão superficial, apresenta baixa capacidade de retenção, quando aplicadas sobre superfícies cerosas e hidrofóbicas (Iosti, et al., 2010). O termo “tensão superficial” refere-se às forças que existem na interface de líquidos não miscíveis, impedindo que eles se misturem (Azevedo, 2001). São dividias entre duas: estática e dinâmica. Para a determinação da tensão superficial estática, estabelece-se o tempo de formação das gotas e a concentração do surfatante capaz de atingir a tensão superficial mínima da solução (Mendonça e Raetano, 2007). Ao contrário da tensão superficial dinâmica, que registra o tempo de duração de uma gota ou bolha de gás com elevado grau de pureza, a exemplo do nitrogênio, em outro fluido com concentração pré-estabelecida (tempo de interface) (Iosti, et al., 2010).

Quanto maior a tensão superficial, maior será a exigência de energia para a quebra de gotas durante a pulverização (Oliveira, 2011) com gotas mais grossas. Uma menor tensão superficial irá influenciar positivamente na adesividade (Oliveira, 2011) gerando gotas mais finas, mais molhamento. Dentre os efeitos dos adjuvantes, destaca-se a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu achatamento, o que aumenta a sua superfície de contato com o alvo biológico e melhora a cobertura deste (Lasmar e Ferreira, 2012). A maior área de contato (molhabilidade), obtida pela redução da tensão superficial, interferem

na cobertura proporcionada pela pulverização, que geralmente é mais uniforme em função da melhor distribuição do líquido aplicado (Costa, et al., 2024).

Segundo Schönher et al. (1990), os surfatantes, como agentes modificadores das características físico-químicas de soluções, causam alterações na adesão, velocidade de espalhamento, área de molhamento e retenção das gotas pulverizadas sobre as superfícies foliares. A adição de surfatantes às caldas de pulverização melhora o processo de coalescência das gotas, contribuindo para a formação de películas líquidas sobre as superfícies foliares (Silva, et al., 2006). O uso de surfatantes siliconados tem contribuído na quebra da tensão superficial da calda de pulverização na folha, ocasionando assim maior espalhamento do produto e permitindo que os estômatos passem a ter também importante papel na penetração dos herbicidas (Procópio, et al., 2003).

Os óleos minerais são tipicamente utilizados em baixas concentrações, podendo reduzir a tensão superficial, aumentando o molhamento, espalhamento, absorção (Chechetto e Antuniassi, 2012).

Os fertilizantes nitrogenados ou a base de amônio, também reduzem a tensão superficial, aumentando o espalhamento do herbicida sobre as folhas, neutraliza as cargas iônicas e aumenta a penetração do herbicida dentro das folhas (Oliveira, 2011).

2.2.2 Viscosidade

A viscosidade exerce um papel importante na determinação da forma como se dão os escoamentos, uma vez que é a responsável pelo surgimento de forças entre o fluido e os contornos sólidos de corpos que entram em contato com o escoamento (Oliveira, 2021). A viscosidade é a propriedade reológica mais conhecida, e a única que caracteriza os fluidos newtonianos. A viscosidade é uma expressão de resistência do fluido ao fluxo e quanto maior o seu valor, maior a resistência. A viscosidade torna-se importante em estudo dos escoamentos, pois ela oferece resistência ao cisalhamento, dificultando o seu fluxo em tubulações, cavidades de moldes, entre outros (Oliveira, 2011). A viscosidade extensional (viscosidade de alongamento) do líquido tende a resistir ao alongamento, porém a viscosidade de cisalhamento de um líquido é obtida pela viscosidade de corte. À

medida que a viscosidade de corte é reduzida pulverizações gotas mais grossas são produzidas (Madureira, et al., 2015).

A elevação da viscosidade está associada à geração de gotas de pulverização maiores, mas não há definida a magnitude dessa elevação necessária para o aumento do diâmetro das gotas (Cunha, et al., 2010). Segundo o mesmo autor, a variação da viscosidade proporcionada pela adição de adjuvantes não é muito significativa.

Uma pulverização mais grossa pode ser alcançada aumentando a viscosidade da calda de pulverização, resultando em aumento de viscosidade do líquido com o objetivo de reduzir as gotas mais finas, propensas a deslocamentos pelo vento, podem ser obtidos (Contiero, et al., 2018). É um importante fator a ser levado em consideração, pois está ligado a capacidade de redução de deriva e de evaporação de gotas (Landim, et al., 2020).

Os redutores de deriva alteram a viscosidade da calda, evitando a formação de gotas com baixo DMV (diâmetro mediado volumétrico), mais susceptíveis à deriva (Jesus, 2022). Segundo Reichard e Zhu (1996), os adjuvantes que aumentam a viscosidade são adicionados às caldas para aumentar o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e, consequentemente, reduzir a deriva. Esses produtos normalmente são algum tipo de polímero de cadeia longa ou goma que aumentam a viscosidade da calda a ser pulverizada (Contiero, et al., 2018). De maneira geral, produtos com maior ação sistêmica podem ser aplicados com gotas maiores, facilitando a adoção de técnicas para a redução de deriva (Antuniassi, 2009). Ainda, segundo o mesmo autor, se gotas maiores são necessárias para reduzir o risco de deriva, o volume de calda deve ser igualmente aumentado, com objetivo de garantir um nível mínimo de cobertura para o tratamento.

2.2.3 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) define o grau de alcalinidade ou acidez de uma solução, numa escala de 0 a 14, onde 7,0 significa neutralidade, muitos produtos químicos, quando preparados com água, sofrem de gradação, assim o pH pode influenciar na estabilidade do Ingrediente Ativo (Cunha, et al., 2017). lembrando que a água tem pH neutro. A constante de dissociação de muitas

moléculas depende do pH, influenciando na absorção pelos tecidos vegetais (Cunha, et al., 2017). Além disso, muitos ingredientes ativos, podem sofrer dissociação por hidrolise. Águas alcalinas podem causar desestabilidade física na calda, aumentando a probabilidade de formação de grumos e precipitados no fundo do tanque de pulverização (Barros et al., 2018).

Alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda (Cunha, et al., 2009). O pH pode ainda influenciar o grau de dissociação de uma molécula, tornando-a assim mais ou menos lipofílica, afetando sua penetração através da cutícula cerosa das plantas no caso de herbicidas pós-emergentes (Avila Neto, 2021).

2.2.4 Condutividade Elétrica

Condutividade elétrica pode ser definida como a quantidade ou capacidade de transporte da corrente elétrica (elétrons) por meio de um material, como por exemplo os líquidos (Oliveira, 2021) e relacionada com a presença de íons na sua concentração e valência e vai ser determinada pelos tipos de formulações, quantidades de produtos que vão ser adicionados e qualidade da água (Cunha et al., 2017). O aumento da condutividade elétrica se deve à presença de íons na calda, que podem ser Ca^{+2}, Fe^{+2}, Al^{+3} (Cunha, 2018), ou presença de altos níveis de sais dissolvidos, como cloretos, sulfatos e carbonatos (Polanski, 2023). A presença de íons como o Ca^{2+} ou CO_2, em alta concentração, pode inativar os produtos fitossanitários e tornar a água imprópria para uso na pulverização agrícola. No caso específico dos íons Ca^{2+} ou CO_2, eles podem reagir com os ingredientes ativos dos agrotóxicos, formando compostos insolúveis e complexos (Polanski, 2023). Uma forma alternativa de avaliar o depósito de calda vem sendo utilizada nos últimos anos, tomando como base a determinação da condutividade elétrica de soluções como parâmetro de avaliação (Balan, et al., 2006).

Segundo estudos realizados por Ladim, et al., (2020) dentre os adjuvantes, a adição de óleo mineral à calda reduziu a condutividade elétrica, tendo o mesmo comportamento dentro de cada nível de taxa de aplicação. A adição de óleo vegetal

demostrou um comportamento diferente, sendo que sua presença acarretou em aumento da condutividade elétrica nos diferentes níveis de taxa de aplicação. Segundo Rheinheimer e Souza (2000), valores de condutividade elétrica elevados na calda indicam a presença de grandes quantidades de íons, os quais podem diminuir a eficiência biológica de ingredientes ativos, com potencial para diminuir a sua disponibilidade, como no caso da reação dos íons de 2,4-D com Ca^{+2} e Mg^{+2} e da quelação desses íons pelo glifosato.

2.2.5 Dureza

A “dureza”, definida como a concentração de íons alcalino-terrosos (Ca^{+2}, Mg^{+2}, Sr^{+2} e Ba^{+2}) presentes na água, expressa na forma de CaCO3 (ppm), representados geralmente pelos íons Ca^{+2} e Mg^{+2} originados de carbonatos, bicarbonatos, cloretos e sulfatos, é uma propriedade capaz de interferir negativamente nas caldas de produtos fitossanitários (Prado, et al., 2016). A dureza é classificada em níveis, como demonstraremos na tabela a seguir:

QUADRO 1 – FORMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE DUREZA DA ÁGUA

Classe	mg/L da $CaCO_3$	Graus de Dureza
Muito Branda	<71,2	<4
Branca	71,2 – 142,45	4 - 8
Semi Dura	142,45 – 320,4	8 - 18
Dura	320,4 – 534,0	18 – 30
Muito Dura	>534,0	>30

FONTE: Kissmann (1998) - adaptado.

A presença de sais minerais na água dura pode levar à formação de precipitados ou à redução da solubilidade dos agrotóxicos. Isso pode resultar em interferência de pontas de pulverização, filtros e outros componentes dos equipamentos de aplicação. Além disso, a formação de precipitados pode diminuir a eficácia dos agrotóxicos, pois os ingredientes ativos podem se ligar aos minerais e se tornarem menos disponíveis para interagir com os alvos desejados. Outro

aspecto importante é que a dureza da água pode afetar a atividade dos ingredientes ativos dos agrotóxicos.

> ‘’A água (H2O) pode ser caracterizada por apresentar dureza temporária ou permanente. A presença de sais de bicarbonato (HCO3 -) em água, como os de magnésio (Mg2+) e cálcio (Ca2+) provocam o que chamamos de dureza temporária ou de carbonatos (CO3 2-). Recebe esse nome porque os íons HCO3 -, através da ação do calor, se decompõem em água, gás carbônico (CO2), CO3 2- insolúveis em água que acabam precipitando, causando o efeito da dureza na água. Já a dureza permanente, também chamada de não carbonatos, se deve ao fato de que cloretos (Cl-), nitratos (NO3 -) e sulfatos (SO4 2-) de Mg2+ e Ca2+, estes solúveis em água que não formam precipitado, ou seja, incrustações responsáveis pela dureza da água.’’ (Polanski, 2023, p.18)

Há duas formas de corrigir: adicionando um tensoativo não iônico o que poderá corrigir características físicas; e/ou acrescentar um agente quelatizante na água, antes do preparo da calda (Kissmann, 1998). Adjuvantes tensoativos, presentes nas formulações de produtos fitossanitários, são responsáveis pela emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) de defensivos na água. Estes adjuvantes agem no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, e são influenciados diretamente pela dureza, que altera negativamente esse equilíbrio (Alves, 2020). A utilização de um grande volume de calda por hectare em condições de dureza da água alta, pode causar sérios inconvenientes, incluindo a ocorrência de entupimentos de bico e uma diminuição notável na eficácia do produto (Queiroz et al., 2008).

Em herbicidas que contêm surfactantes aniônicos com íons de sódio (Na^+) e potássio (K^+), a água dura pode substituir esses íons por íons de cálcio e magnésio, como no caso do herbicida 2,4-D, essa substituição pode ocorrer, levando à formação de compostos insolúveis. Já os herbicidas à base de ácido ou de sal, como o glifosato, quando dissolvidos em água dura, reagem na presença do cálcio e magnésio, formando precipitados que não são eficazes na ação do herbicida (Polanski, 2024).

2.3 PULVERIZAÇAO AGRÍCOLA

O uso da pulverização na agricultura depende não somente de produtos de ação comprovada, mas também da tecnologia desenvolvida para sua aplicação. A

pulverização fica ainda condicionada ao momento de sua realização e a influência dos fatores meteorológicos e biológicos (Balan, et al., 2005). É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessária uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado (Cunha et al., 2003).

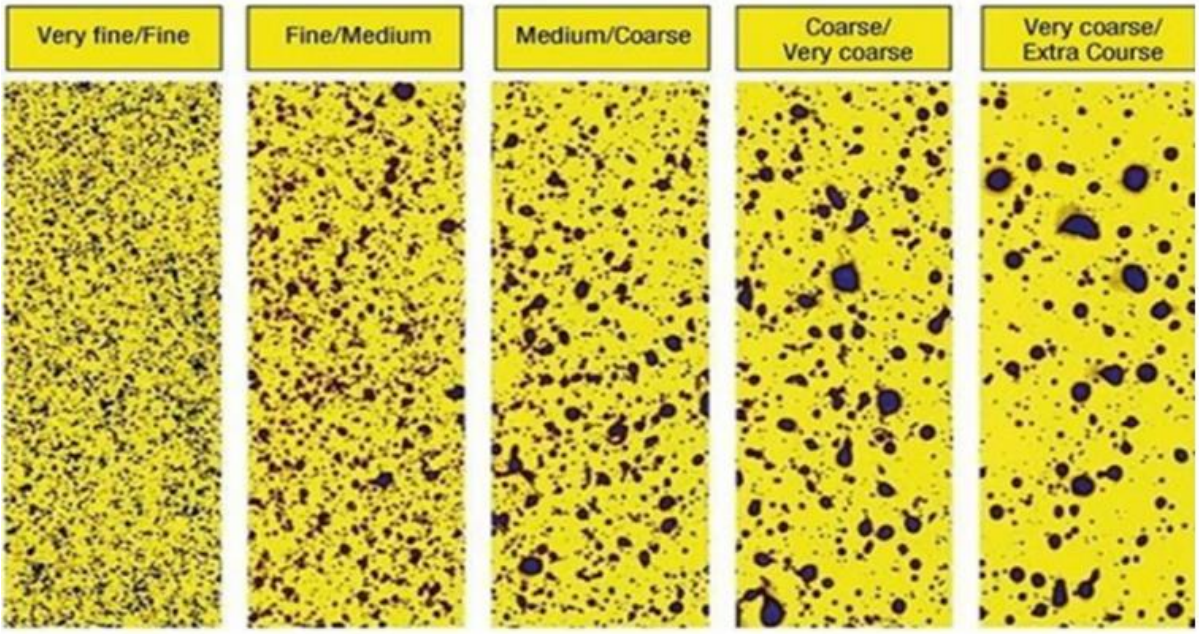
A aplicação de agrotóxicos líquidos é afetada por muitas variáveis, incluindo a estabilidade do agrotóxico, solubilidade, incompatibilidade, volatilização, formação de espumas, tensão superficial, viscosidade, densidade, tamanho de gotas, deriva, cobertura, aderência, penetração, entre outras. Os adjuvantes são o ponto chave para o controle destas variáveis (Oliveira, 2011).

2.3.1 Tamanho de Gota

Os parâmetros de maior importância para a determinação da população de gotas são: o Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV), amplitude relativa (A.R.) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 µm. Essas características conjuntamente definem o potencial de deriva de gotas, a homogeneidade de gotas e o tamanho característico das gotas produzidas por uma determinada ponta de pulverização (Vaz, 2022).

O tamanho de gotas é representado pelo diâmetro mediano volumétrico (DMV), cujo valor divide o espectro de gotas em dois volumes iguais, em um lado somente com gotas maiores ao DMV e em outro lado, com gotas menores (Soares, 2023). Durante as aplicações, o ideal é que o espectro de gotas seja homogêneo, isto é, que se produzam gotas de mesmo tamanho. Deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grossas nem muito finas, evitando-se assim perdas por deriva e escorrimento (Cunha et al., 2010). Gotas maiores oferecem bom nível de depósito (quantidade de defensivo nos alvos), apesar de não proporcionar as melhores condições de cobertura (Antuniassi, 2009). As gotas muito grandes, pelo seu peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo (Cunha et al., 2005). Os diâmetros das gotas formadas são diferentes nos diversos equipamentos para pulverização, apesar da alta tecnologia empregada (Balan, et al, 2005).

FIGURA 1 – TAMANHO DE GOTA



FONTE: Barbosa (2023) - adaptado

De acordo com Balan, et al. (2005), gotas com diâmetro acima de 500 µm tem pouco problema de deriva e gotas abaixo de 50 µm, em geral, evaporam antes de atingir o solo. Gotas com tamanho entre 50 e 100 µm, classificadas como muito fina, proporcionam grande suscetibilidade em elevar a deriva, porém, apresentam capacidade de serem transportadas para o interior do dossel das culturas (Chechetto e Antuniassi, 2012).

O tamanho de gotas produzidas por um bico de pulverização depende de vários fatores, dentre os quais podem-se destacar as propriedades do líquido pulverizado e o tipo de bico. Os bicos do tipo plano ou leque produzem jato em um só plano e seu uso é mais indicado para alvos planos como solo, parede ou mesmo para algumas culturas. Esse tipo de bicos pode ser utilizado para aplicação de herbicidas, fungicidas e inseticidas sobre o solo. Já os bicos do tipo cone cheio são preferíveis na pulverização de alvos irregulares, pois as gotas se aproximam do alvo em diferentes ângulos, proporcionando uma melhor cobertura das superfícies. Existem ainda os bicos do tipo cone vazio, nos quais a deposição de gotas se concentra na periferia do cone podendo produzir gotas mais finas do que os cones cheios (Osuna, 2023).

QUADRO 2 – CLASSIFICAÇÃO DO TAMANHO DE GOTA

Código	**Tamanho de gota (µm)**
Extremamente Fina	<60
Muito Fina	60 – 145
Fina	146 – 225
Média	226 - 235
Grossa	326 - 400
Muito Grossa	401 - 500
Extremamente Grossa	501 - 650
Ultra Grossa	>650

FONTE: Jacto (2022) - adaptado

Um fator importante a ser considerado na definição da técnica de aplicação é a influência dos componentes da calda no processo de formação de gotas a partir da ponta, o qual pode ser significativamente alterado pela modificação de características físicas do líquido em questão. Assim, fatores básicos, como tamanho médio e espectro de gotas, podem ser alterados de maneira tão significativa tanto por variações na calda quanto pela própria troca das pontas de pulverização (Antuniassi, 2009).

Fluidos com maior viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização (Cunha, et al., 2005) e produzem gotas maiores. O simples posicionamento de um adjuvante pode alterar todas as características de gosta e a vazão do produto na área. Está bem difundido que pulverizações com gotas menores proporcionam melhor cobertura, entretanto são mais propensas as perdas por deriva aumentando as chances de contaminação em organismos não-alvo (Silva, 2023), também gotas maiores, não exercem tão bem a cobertura e são menos propensas ao processo de deriva.

2.3.2 Volume de aplicação

É o volume de calda (ou seja, que sai do equipamento de aplicação) por área ou por planta, dependendo do tipo de trabalho executado. Esse volume está

relacionado ao uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima necessária para o controle do organismo alvo (Contiero, et al., 2018).

O volume de aplicação a ser utilizado sempre estará relacionado com uma aplicação eficiente e jamais será uma condição pré-estabelecida, isso porque existe vários fatores que interagem entre si, como o alvo a ser atingido, a ponta de pulverização a ser utilizada, as condições climáticas no momento da aplicação, a arquitetura da planta e o produto a ser aplicado (Silva, 2023).

Atualmente, há uma crescente tendência de diminuição dos volumes de calda utilizados nas aplicações de produtos fitossanitários, visando uma maior economia de recursos, diminuição de desperdício, menor impacto ambiental e melhoria da capacidade operacional dos pulverizadores (Souza, et al., 2014). Para manter uma boa cobertura com a redução do volume de aplicação, pode-se reduzir o tamanho de gotas ou adotar adjuvantes que auxiliem na cobertura e espalhamento do produto na superfície (Peron, 2023).

QUADRO 2 – VOLUME DE CALDA

Nomenclatura	**Litros/Hectare**
Alto Volume	>600
Volume Médio	200 - 600
Volume Baixo	50 - 200
Volume Muito Baixo	5 - 50
Volume Ultra Baixo	<5

FONTE: Vaz (2022) - adaptado

A denominação ‘alto volume’ é dada para uma aplicação que é além da capacidade de retenção das folhas, que acarreta em escorrimento. O ‘ultrabaixo volume’ é o volume mínimo por unidade de área capaz de alcançar o controle (Contiero, 2018). O volume de calda ideal é o menor volume possível, que proporciona a cobertura necessária do alvo e uma aplicação segura do ponto de vista ambiental, apesar dos volumes de calda praticados, na casa dos 50 a 100 L ha-1, a maioria das bulas de herbicidas ainda trazem informações sobre volume de calda na casa dos 150 a 300 L ha^{-1} e não raramente, superiores a 400 L ha^{-1}. (Vaz, 2022). Dois fatores são importantes para a determinação do tamanho das gotas, o

tipo de ponta e o volume de calda da pulverização, que em conjunto devem proporcionar gotas de tamanho ideal para melhor eficiência dos manejos fitossanitários (Adegas, et al., 2018).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho apresentado, ficou claro que é necessário entender melhor as definições de cada tipo de adjuvante, qual é o seu desempenho com os defensivos, e a maneira correta de uso, visto que no mercado atual, existe mais de 400 marcas de adjuvantes. Além disso, entender como as misturas estão funcionando e interagindo.

Nota-se pela literatura que o espectro de gotas e a relação com volume de calda não é bem definida para os defensivos e suas misturas.

Outro aspecto observado é que não é bem definido a qualidade de água ideal para as pulverizações, bem como sua interação com adjuvantes e os agrotóxicos.

3.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Desenvolvimento de trabalhos mais aprofundadas com as categorias de adjuvantes, junto com desempenho de cada tipo e interação com caldas e misturas.

Entender melhor a relação entre tamanho ideal de gota, volume ideal de cada para herbicidas, fungicidas e inseticidas. Além de como interagem com as misturas.

Definir exatamente o que é uma água correta para uso em aplicações, e qual o limite de flutuações que pode ter para não se ter problemas em aplicações.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.S., COSTA A.G.F., GAZZIEIRO, D.L.P. **Depósito de Gotas da Pulverização na Cultura da Soja em Função do Volume de Calda e do tipo de Pontas.** Londrina. 37 Reunião da Pesquisa na Soja. p. 203-206. 2018.

ALVES, T.M., **A dureza da água e o pH interferem na eficácia de tratamentos com glifosato**. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. p.19. 2020.

ANTUNIASSI, U.R., **Pulverização com desempenho e menor impacto ambiental. São Paulo**. Visão Agrícola: Esalq. p. 89-92. 2009.

AZEVEDO, L.A.S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas. Emopi Gráfica. p.230. 2001.

AVILA NETO, R. C., Misturas, adjuvantes, dureza e pH da água interferem na aplicação de herbicidas mimetizadores de auxina. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria. p. 79. 2021.

BALAN, M.G., SAAB, O. J.G. A., FONSECA, I. C. B., SILVA, C. G., SASAKI, E. H. **Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso de software conta-gotas**. Santa Maria. Ciência Rural. v.35. n. 4. p. 916-919. 2005.

BALAN, M. G., SAAB, O. J.G. A., SILVA, C. S. **Deposito e perdas de calda em sistemas de pulverização turboatomizador em videira**. Jaboticabal. Engenharia Agrícola. v.26. n.2. p.470-477. 2006.

BARBOSA, B. R. **Pulverização com assistência a ar em condições desfavoráveis de vento ambiente.** Alegrete. Universidade Federal do Pampa. p.46. 2023.

BARROS, M.O., GOMES, E. S., BRAGA, A. P. M., PEIXOTO, R. L. O., CAIXETA, D. F. **Adequação do potencial de hidrogênio de aguas utilizadas na aplicação de defensivos agrícolas na região do vale do São Patricio nas diferentes estações do ano.** Anápolis. 3 Congresso Internacional de Pesquisa, Ensino e Extensão. p. 2684-2687. 2018.

BONFANDA, D. V**. Adjuvantes na pulverização agrícola**. Cerro Largo. Universidade Federal Fronteira Sul. p.35. 2018.

CARBONARI, C. A., MARTINS, D., MARCHI, S. R., CARDOSO, L. R., **Efeito de surfactantes e pontas de pulverização em plantas de grama seda.** Viçosa. Revista Planta Daninha. v.23. n.4. p. 725-729. 2005.

CARLESSO. J.A., BARIVIERA, R., **Avaliação da qualidade de pulverização com drones, utilizando diferentes vazões, velocidade e faixa de aplicação.** São Miguel do Oeste. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. p.30. 2022.

CARVALHO, S. J. P., **Dessecação de plantas daninhas com herbicida glyphosate associado a fertilizantes nitrogenados**. São Paulo. Universidade de São Paulo. p.115. 2009.

CHECHETTO, R. G., ANTUNIASSI, U. R., **Espectro de gota gerados por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização.** Botucatu. Energia Agrícola. v. 27. n.3. p. 130-142. 2012.

CONTIERO, R. L., BIFFE, D. F., CATAPAN, V., **Tecnologia de Aplicação**. Maringá. Scielo Books. p. 401-449. 2018.

COSTA, L. L., PEREIRA, F. D., ARAÚJO, E. F. L., OLIVEIRA, D. P., COSTA., A. L., **Características físico-químicas de caldas de inseticidas e adjuvantes utilizados no controle de percevejos na soja**. Observatório de la economia latinoamericada. v.22. n.1. p. 2346-2364. 2024.

CUNHA. J. P. A. R., TEIXEIRA, M. M., COURY, J.R., FERREIRA, L. S., **Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas**. Viçosa. Planta Daninha. v.21. n.2. p. 325-332. 2003.

CUNHA, J. P. A. R., ALVEZ, G. S.. **Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola.** Online, v.34, n.9, p.655-659. 2009.

CUNHA, J. P. A. R., BUENO, M. R., FERREIRA, M. C., **Espectro de gota de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola.** Viçosa. Planta Daninha. v. 28. p. 1153-1158. 2010.

CUNHA, J. P. A. R., ALVES, G. S., REIS, E. F., **Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvante de uso agrícola**. Viçosa. Planta Daninha. v. 28. n. 3. p. 665-672. 2010.

CUNHA, J. P. A. R., ALVEZ, G. S., MARQUES, R. S., **Tensão Superficial, Potencial de Hidrogênio e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes**. Ceará. Ciência Agronômica. v.48. n.2. p. 261-270. 2017.

DECARO JUNIOR, S. T., **Avaliação de um pulverizador ultrabaixo e de adjuvantes em caldas fitossanitárias na cultura do citrus**. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. p. 118. 2015.

DURIGAN, J. C., **Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas.** Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. p.42. 1993.

GARCIA., M. H. F., FARIAS, S. B., FERREIRA, B. G., **Determinação Quantitativa da Concentração de Silicone em Antiespumante por Espectroscopia FT-IR / ATR e calibração multivariada**. Rio de Janeiro. Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.14. n. 5. p. 322-325. 2004.

GONÇALVES, M. M., MEDEIROS, C. A. B., SCHIEDECK, G., **Avaliação de adjuvante de ação tensoativo em soluções para pulverização na agricultura orgânica**. Fortaleza. VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. v.6. n.2. p.4.

GREEN, J. M.; BEESTMAN, G. B. **Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology**. Crop Protection, Guildford, v. 26. n. 3. p. 320-327. 2007.

HESS, F. D. **Surfactans and additives**. Salinas. Proceedings of the California Weed Science Society. v. 51. p. 156 – 172. 1999.

HOCK, W. K. **Horticultural spray adjuvantes**. Pennsylvana. Pennsylvania State Univesity. p. 1-4. 2004.

INOUE, M. H., KOMATSU, R. A., TANAHASHI, R. F., POSSAMAI, A. C. S., DALLACORT, R., PIZA, M. A., **Redutores de pH e complexantes de metais em condições de laboratório**. Maringá. Revista Brasileira de Herbicidas. v.7. n.1. p. 26-35. 2008.

IOSTI, C. A. R., RAETANO, C. G., **Tensão superficial e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais.** Jaboticabal. Engenharia Agrícola. v.30. n.4. p. 670-680. 2010.

JESUS, A. S., **Caracterização funcional do adjuvante condicionador de calda para fungicidas na cultura da soja.** Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p.61. 2022.

KISSMANN, K. G. **Adjuvantes para caldas de fitossanitários**. In: Guedes. J. V. C & DORNELLES, S. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: Novas tecnologias**. Santa Maria. Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998.

LANDIM, T. N., CUNHA, J. P. A. R., ALVES, G. S., MARQUES, M. G., **Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja.** Uberlândia. Revista Multidisciplinar. v. 23. p. 412 – 428. 2020.

LASMAR, O., FERREIRA, M. C., **Cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas a partir de caldas com adjuvantes sobre folhas de laranja.** São Paulo. Universidade Estadual de São Paulo. p. 152-155. 2012.

LIMA, M. F., **Avaliação da Abertura de ângulo do jato de pulverização com pontas com indução de ar, na aplicação de caldas de ghyphosate com diferentes adjuvantes**. Brasília. Universidade de Brasília. p. 36. 2020.

MADUREIRA, R. P., RAETANO, C. G., CAVALIERI, J. D., **Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva em pulverizações.** Campina Grande. v.19. n.2. p.180-185. 2015.

MENDONÇA, C. G., RAETANO, C.G., **Tensão Superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura**. Jaboticabal. Engenharia Agrícola. v.27. p. 16-23. 2007.

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

OLIVEIRA, R. B., **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. Botucatu. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. p.121. 2011.

OLIVEIRA, J. V., **Adição de diferentes classes de adjuvantes na aplicação do herbicida glufosinato**. Bandeirantes. Universidade Estadual do Norte do Paraná. p.94. 2021.

OSUNA, A. A. A., **Manejo da irrigação na aeroponia com base no déficit de pressão de vapor acumulado**. Campinas. Universidade Estadual de Campinas. p. 66. 2023.

PERON, F. L., **Caracterização de volumes de calda de herbicida associado com adjuvantes e controle de *Urochloa decumbens***. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. p. 68. 2023.

POLANSKI, J., **Qualidade da água utilizada na aplicação de agrotóxicos no município de Sete de Setembro – RS**. Cerro Largo. Universidade Federal Fronteira Sul. p. 40. 2023.

PRADO, E. V., ARAÚJO, D., RAETANO, C. G., POGETTO, M. H. F. A. D., AGUIAR-JUNIOR, H. O., CHRISTOVAM, R. S., **Influência da dureza e potencial de hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle de ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce.** Campinas. v.70. n. 2. p. 389-396. 2011,

PROCÓPIO, S. O., FERREIRA, E. A., SILVA, E. A. M., SILVA, A. A., RUFINO, R. J. N., SANTOS, J. B., **Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil III. Viçosa.** Revista Planta Daninha. v.21. n.1. p. 1-9. 2003.

PUTTI, F. F., GABRIEL FILHO L. R. A., BERTIN F. H. A., CREMASCO, C. P., CATANEO, P. F., CHACUR, M. G. M., HALMEMAN, M. C. R., HALMEMAN, R. J., **Characteristics and risks in the application of adjuvantes in agriculture spraying.** São Paulo. Revista Brazilian Journal of Biosystems Engineering. v.8 n.2. p. 173-182. 2014.

QUEIROZ, A. A., MARTINS, J. S. A., CUNHA, J. P. A. R., **Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos**. Uberlância. Journal Bioscience. v.24, n. 4. P. 8-19. 2008.

QUIRINO, A. L. S., TEIXEIRA, M. M., FERNANDES, H. C., FERREIRA, L. R., **Parâmetros da pulverização de defensivos agrícolas visando a redução da**

contaminação ambiental e do aplicador. Dourados. Revista Agrarian. v. 6. n. 20. p. 161-166. 2013.

REICHARD, D. L.; ZHU, H. **A system to measure viscosities of spray mixtures at high shear rates**. Oxford. Pesticide Science. v. 47. n. 2. p.37-143. 1996.

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

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

SANTIAGO H., GUAZZELLI, T. M., **Simulação de perda por evapotranspiração com diferentes caldas e adjuvante agrícolas.** Jandaia. Agrarian Academy. v.8. n. 16. p. 70. 2021.

SCHÖNHERR, J. et al. **Foliar uptake of pesticides and its activation by adjuvantes: Theories and methods for optimization**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY: ADVANCES IN INTERNATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT, AND LEGISLATION, 7., 1990, Hamburgo. Proceedings... Weinheeim: VCH, 1991. p. 237-253.

SILVA, A. R., LEITE, M. T., FERREIRA, M. C., **Estimativa de área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro.** Uberlância. Bioscience Journal. v. 24. n. 3. p. 66-73. 2008.

SILVA, M. S., **Influencia do volume de aplicação e tamanho de gota na deposição e controle de soja voluntaria por herbicidas não sistêmicos.** Dracena. Universidade Estadual Paulista. p. 35. 2023.

SILVA, F. M. L., VELINI, E. D., CORREA, T. M., **Influência dos íons Mg, Ca, Fe, Cu, e Zn sobra a tensão superficial estática de soluções contendo surfactantes.** Viçosa. Revista Planta Daninha. v. 24. n.3, p. 589 – 595. 2006.

SOARES, A. S., **Efeito de adjuvantes nas características da calda, espectro de gota, transposição e eficácia dos herbicidas amicarbazone, sulfentrazone e indaziflam na palha de cana-de-açúcar.** Botucatu. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. p. 162. 2023.
SOUZA, L. C., PAZINI, W. C., FERREIRA, M. C., **Efeito da adicação de surfactantes no diâmetro das gotas com o herbicida mesotrione.** Jaboticabal. Congresso Brasileiro de Fitossanidade. p. 714 – 717. 2013.

STEVENS, P. J. G., **Formulation of sprays to improve the efficacy of foliar fertilisers**. Nova Zelândia. New Zealand Journal of Forestry Science. p. 27-34. 1993.

VAZ, V. **Volume de calda e tamanho de gota na aplicação de herbicidas.** Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p. 51. 2022.

VILELA, C. M., **Evaporação de gotas de caldas contendo fungicida e adjuvantes depositados em superfície.** Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. p. 62. 2012.