

MÁRCIO LUIZ MOURA SANTOS

**EFEITO DO BOMBEAMENTO NO ESPECTRO DE GOTAS DE CALDAS CONTENDO
DIFERENTES ADJUVANTES**

Botucatu

2025

MÁRCIO LUIZ MOURA SANTOS

**EFEITO DO BOMBEAMENTO NO ESPECTRO DE GOTAS DE CALDAS
CONTENDO DIFERENTES ADJUVANTES**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

Botucatu

2025

S237e	Santos, Márcio Luiz Moura Efeito do bombeamento no espectro de gotas de caldas contendo diferentes adjuvantes / Márcio Luiz Moura Santos. -- Botucatu, 2025 70 p. : tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi 1. Tecnologia de aplicação de defensivos. 2. Bombeamento. 3. Espectro de gotas. 4. Adjuvante. 5. Herbicida. I. Título.
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITO DO BOMBEAMENTO NO ESPECTRO DE GOTAS DE CALDAS CONTENDO
DIFERENTES ADJUVANTES

AUTOR: MARCIO LUIZ MOURA SANTOS

ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASI

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

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

Documento assinado digitalmente
gov.br ULISSES ROCHA ANTUNIASI
Data: 04/06/2025 07:31:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA (Participação Virtual)
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Uberlândia

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA
Data: 16/06/2025 20:11:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MARCO ANTONIO GANDOLFO (Participação Virtual)
Engenharia e Desenvolvimento Rural / Universidade Estadual Do Norte do Paraná

MARCO ANTONIO
GANDOLFO:5577
5020987
Assinado de forma digital por
MARCO ANTONIO
GANDOLFO:55775020987
Dados: 2025.06.16 09:41:38
-03'00'

Prof. Dr. ADRIANO ARRUÉ MELO (Participação Virtual)
Defesa Fitossanitária / Universidade Federal de Santa Maria

Documento assinado digitalmente
gov.br ADRIANO ARRUÉ MELO
Data: 17/06/2025 10:03:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. FERNANDO KASSIS CARVALHO (Participação Virtual)
. / AgroEfetiva Serviços Ltda.

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO KASSIS CARVALHO
Data: 04/06/2025 07:35:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Botucatu, 20 de maio de 2025

Ao meu pai Cezar Santos,
minha mãe Ana Amélia,
meu irmão Marcelo
e meus avós Dermeval, Edna, Juvenal (in memoriam) e Santa (in memoriam),
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar minha vida pelos melhores caminhos.

Aos meus pais, Cezar e Amélia, por todo apoio e dedicação, além de ensinamentos durante toda a vida.

Ao meu irmão, Marcelo, pela amizade e incentivo que fazem a diferença durante minha vida.

A toda minha família, meus avós Dermeval, Edna, Juvenal (in memoriam) e Santa (in memoriam), além dos meus tios e primos, por toda amizade e incentivo ao longo dos anos.

Ao professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, pelos ensinamentos, conselhos e amizade.

A todos os meus amigos da FCA/UNESP, por toda amizade durante esses anos.

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

A todos os funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, por toda colaboração, ajuda e amizade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

Para ampliar o espectro de controle de plantas daninhas, especialmente de folhas largas, uma associação de princípios ativos que vem ganhando destaque é do glifosato e o herbicida dicamba. As gotas produzidas a partir da pulverização apresentam diferentes tamanhos, caracterizando assim o espectro de gotas. Alguns parâmetros existem para identificar esse espectro de gotas de uma ponta associado com uma calda, como diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o percentual de gotas menores que 150 μm . Durante o processo de pulverização, a recirculação da calda garante o processo de agitação que é importante para manter as misturas homogêneas, porém alguns produtos podem sofrer alterações, principalmente por conta do cisalhamento, nesse processo de recirculação e alterar os parâmetros de DMV e V150. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência do bombeamento de caldas no espectro de gotas baseado em um protocolo para aprovação de adjuvantes redutores de deriva em mistura com o dicamba. Esse trabalho foi baseado segundo metodologia descrita por Antuniassi *et al.* (2023) que consiste em um protocolo de teste que inclui o efeito da recirculação da calda através da bomba de pulverização desenvolvido para a aprovação de adjuvantes redutores de deriva em mistura em tanque com o dicamba. O protocolo visa avaliar o desempenho de adjuvantes em relação ao potencial de deriva, sem avaliar o potencial de controle fitossanitário. Por conta disso a mistura padrão foi composta por uma calda herbicida mais um adjuvante padrão. O experimento foi realizado com a combinação de treze caldas com diferentes adjuvantes, quatro intensidades de recirculação ou ciclos da bomba (0, 4, 10 e 16 ciclos) e 2 pressões (300 e 500 kPa). As aplicações foram realizadas utilizando-se a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar, modelo TTI 11003. Todas as caldas foram compostas pelos herbicidas XtendCam (dicamba sal DGA, 480 g/L a 1.0 L ha⁻¹) e Roundup Transorb R (glifosato sal potássico, 588 g/L a 2.0 L ha⁻¹) a 100 L ha⁻¹. A calda de referência foi adicionada do XtendProtect (1% v/v). e as caldas avaliadas se diferenciaram pelo adjuvante. Entre os 13 adjuvantes avaliados, ao avaliar sem a recirculação, 9 adjuvantes mostraram capacidade de apresentar DMV igual ou superior ao adjuvante referência, principalmente os adjuvantes a base de polímero, porém, com o máximo de bombeamento, apenas três adjuvantes, todos a base de polímero (Polímero 2, 9 e 11)

cumpriram com todos os requisitos do protocolo, além de possuir DMV maior ou igual ao adjuvante referência, possuiu V150 menor ou igual. Por conta disso, com o resultado que levou em consideração a recirculação e bombeamento da calda no processo de pulverização foi mais condizente com a realidade para esse tipo de trabalho, pois é o cenário que mais força a calda a efeitos que podem culminar em redução de DMV e aumento de V150 e consequente aumento do potencial de deriva. Se o fator do bombeamento não fosse levado em consideração ao medir o DMV e o V150, os resultados poderiam estar em desacordo com o que pode acontecer no campo.

Palavras-chave: recirculação de caldas; dicamba; DMV.

ABSTRACT

To broaden the spectrum of weed control, especially broadleaf weeds, a combination of active ingredients that has been gaining prominence is glyphosate and the herbicide dicamba. The droplets produced by spraying vary in size, thus characterizing the droplet spectrum. Some parameters exist to identify this droplet spectrum from a tip associated with a spray solution, such as volumetric median diameter (VMD) and the percentage of droplets smaller than 150 μm . During the spraying process, spray recirculation ensures the agitation process, which is important for maintaining homogeneous mixtures. However, some products may undergo changes, mainly due to shear, during this recirculation process, altering the VMD and V150 parameters. Therefore, the objective of this study was to evaluate the impact of spray pumping on the droplet spectrum based on a protocol for approval of drift-reducing adjuvants mixed with dicamba. This work was based on the methodology described by Antuniassi *et al.* (2023), which consists of a test protocol that includes the effect of spray recirculation through the spray pump developed for the approval of drift-reducing adjuvants in a tank mixture with dicamba. The protocol aims to evaluate the performance of adjuvants in relation to drift potential, without evaluating their phytosanitary control potential. Therefore, the standard mixture consisted of a herbicide spray and a standard adjuvant. The experiment was conducted with a combination of thirteen sprays with different adjuvants, four recirculation intensities or pump cycles (0, 4, 10, and 16 cycles), and two pressures (300 and 500 kPa). The applications were carried out using a flat jet spray nozzle with air induction, model TTI 11003. All spray solutions were composed of the herbicides XtendCam (dicamba salt DGA, 480 g/L at 1.0 L ha⁻¹) and Roundup Transorb R (glyphosate potassium salt, 588 g/L at 2.0 L ha⁻¹) at 100 L ha⁻¹. The reference spray solution was added with XtendProtect (1% v/v), and the spray solutions evaluated differed by the adjuvant. Among the 13 adjuvants evaluated, when evaluated without recirculation, nine adjuvants showed the ability to present a VMD equal to or greater than the reference adjuvant, mainly the polymer-based adjuvants. However, with maximum pumping, only three adjuvants, all polymers (Polymer 2, 9, and 11), met all the protocol requirements. In addition to having a VMD greater than or equal to the reference adjuvant, they also had a V150 lower than or equal to the reference adjuvant. Therefore, the result that took into account spray recirculation and pumping during the spraying process was more consistent with the reality for this type

of work, as this scenario most forces the spray to effects that can culminate in a reduction in VMD and an increase in V150, consequently increasing the potential for drift. If the pumping factor was not taken into account when measuring VMD and V150, the results could be at odds with what can happen in the field.

Keywords: spray recirculation; dicamba; VMD.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Controle fitossanitário de herbicidas	17
2.2	Dicamba	19
2.3	Tecnologia de Aplicação	20
2.4	Adjuvantes	22
2.5	Recirculação de caldas	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Local	27
3.2	Análise do espectro de gotas e delineamento.....	27
4	RESULTADOS.....	33
4.1	Tratamento 1.....	33
4.2	Tratamento 2.....	35
4.3	Tratamento 3.....	37
4.4	Tratamento 4.....	39
4.5	Tratamento 5.....	40
4.6	Tratamento 6, 7 e 8.....	42
4.7	Tratamento 9.....	47
4.8	Tratamento 10.....	49
4.9	Tratamento 11.....	51
4.10	Tratamento 12.....	52
4.11	Tratamento 13.....	54
4.12	Comparativo de aplicação após 6 ciclos.....	56
5	DISCUSSÃO	59
6	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O controle fitossanitário, com destaque para as plantas daninhas é essencial para garantir uma elevada produtividade e permanecer como destaque mundial de produção em diversas culturas. Atualmente o controle eficiente dessas plantas daninhas é um desafio, visto que, estão cada vez maiores os relatos de casos de resistência de plantas daninhas as principais moléculas disponíveis, como o glifosato, sendo cada vez mais necessária a associação de diferentes princípios ativos para garantir uma eficácia de controle. Uma associação que vem ganhando destaque é do glifosato e o herbicida dicamba para ampliar o espectro de controle de plantas de folhas largas.

Além da associação de produtos, novas tecnologias de plantas resistentes a esses produtos estão sendo cada vez mais difundidas. É necessário ter cuidado com as aplicações pois muitas vezes, no campo, plantas convencionais podem estar muito próximas de plantas transgênicas resistentes a determinados princípios ativos, assim, perdas por deriva podem prejudicar o desenvolvimento das plantas convencionais.

Apesar das pontas de pulverização serem responsáveis pela formação das gotas a partir da pressurização das caldas e consequente fragmentação desse líquido, a formação das gotas também sofre interferência do tipo de calda pulverizada e da pressão de trabalho. As gotas produzidas a partir dessa combinação de fatores apresentam diferentes tamanhos, caracterizando assim o espectro de gotas.

O espectro de gotas pode sofrer alterações de acordo com a composição da calda formada. Dependendo do tipo de aplicação, a composição da calda é formada por diferentes produtos que podem reagir de diferentes formas. Sendo assim, é possível adicionar adjuvantes a essa calda com o objetivo de melhorar a característica física e química. Os adjuvantes são substâncias adicionadas à calda fitossanitária para aumentar a eficiência do produto ou modificar determinadas propriedades da solução a fim de melhorar o manuseio e as aplicações com a redução de possíveis problemas. Os adjuvantes podem atuar desde a formação das gotas até a ação biológica do ativo no alvo, sendo necessário conhecer o comportamento deles nas caldas.

Além da adição dos adjuvantes, o processo de como a calda atua no pulverizador também pode influenciar na forma de como ela é pulverizada ao acionar a pressão. Alguns pulverizadores possuem a característica de parte da calda que seria destinada

a pulverização, retornar ao pulverizador em um processo que pode ser chamado de recirculação da calda.

A recirculação de calda garante o processo de agitação que é importante para manter as misturas homogêneas. Em contrapartida, o sistema de recirculação a partir do bombeamento pode afetar algumas características das caldas, influenciando em alguns aspectos importantes no momento da aplicação, como o espectro de gotas. Essa influência está diretamente relacionada com a reologia da calda, ou seja, a reologia representa o estudo que analisa como os materiais se deformam, escoam ou fluem quando submetidos a tensões, considerando certas condições termodinâmicas e um intervalo de tempo específico. Essas tensões podem se manifestar de diversas maneiras, sendo uma delas o cisalhamento, que pode ter diferentes respostas de acordo com a composição da calda e da presença de diferentes tipos de adjuvantes, alterando assim o espectro de gotas.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência do bombeamento de caldas no espectro de gotas baseado em um protocolo para aprovação de adjuvantes redutores de deriva em mistura com o dicamba.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Controle fitossanitário com herbicidas

O Brasil se destaca entre os maiores produtores mundiais de diversas culturas, como soja, milho e algodão. Na safra 2024/2025, a estimativa de produção é de 166 milhões de toneladas de soja, com aumento de 12,5% em relação à safra anterior, 122 milhões de toneladas de milho, com aumento de 5,5% em relação à safra anterior, além de 3,8 milhões de toneladas de algodão (CONAB, 2025).

É essencial que as plantas atinjam seu potencial máximo para conseguir manter ou até melhorar esses números de produção e produtividade, diminuindo o máximo possível dos fatores externos que possam influenciar de forma negativa o desenvolvimento das culturas e consequentemente a produtividade final.

O Brasil aumentou consideravelmente a produção agrícola numa mesma área em comparação à década de 70, aumentando o rendimento e o aproveitamento da área (SINDIVEG, 2020). Para definir esse aumento de produtividade, alguns fatores são determinantes, como a qualidade de semente, época de semeadura, qualidade de plantio, adubação e resolução de problemas fitossanitários (Juhász *et al.* 2013). Dentre os problemas fitossanitários, o ataque de pragas, matocompetição e os patógenos ocasionam perdas significativas na produção durante a safra.

Então, dentre os problemas fitossanitários, o controle de plantas daninhas é essencial para garantir uma elevada produtividade e permanecer como destaque mundial de produção em diversas culturas (Beltrão; Melhorança, 1998). A presença dessas plantas indesejáveis na lavoura torna um fator de competição por recursos como água, luz, nutrientes e espaço, resultando em redução de produtividade da planta cultivada (Albrecht *et al.* 2021). Na cultura da soja, uma das principais plantas cultivadas do país em termos econômicos, a convivência com algumas espécies de plantas daninhas pode reduzir em até 44% a produtividade da cultura (Gazziero *et al.* 2012), afetando de maneira significativa o número de vagens, número de sementes por vagem e peso de mil grãos (Silva *et al.* 2008), enquanto no milho, também importante cultura em grandes estados produtores, como o Mato Grosso, espécies de plantas daninhas também podem reduzir significativamente a produtividade da cultura e a qualidade final do produto (Kozłowski *et al.* 2009).

Dentre as formas de controle, o controle químico, a partir da pulverização de produtos fitossanitários é a principal forma de controle dessas plantas daninhas

(Hikishima *et al.* 2010). Porém, atualmente, o controle eficiente dessas plantas daninhas é um desafio, visto que, devido a uma série de fatores, como a utilização de um mesmo mecanismo de ação, utilização de doses sem indicação de bula, utilização de sementes certificadas e entre outros, estão cada vez maiores os relatos de casos de resistência de plantas daninhas as principais moléculas disponíveis, como o glifosato, sendo cada vez mais necessária a associação de diferentes princípios ativos para garantir uma eficácia de controle.

O primeiro caso de resistência de plantas daninhas descoberto no mundo foi em 1957 nos Estados Unidos (Vargas; Roman, 2006). Após esse primeiro caso, já havia sido catalogada mais de 100 espécies com algum tipo de resistência no mundo em menos de 30 anos (Heap, 1997), com um número muito mais expressivo atualmente.

No Brasil, cada vez mais existem relatos de algum tipo de resistência a diversas plantas daninhas. Ulguim *et al.* (2013) identificaram resistência do capim pé de galinha (*Eleusine indica*) quando se aplicou o glifosato de forma isolada, em contrapartida, quando aplicou o herbicida em associação, encontrou melhores resultados de controle. Além de relatos de resistência do capim pé de galinha (*Eleusine indica*) a produtos inibidores de ACCase (Oliveira Freitas *et al.* 2024). Além disso, foi encontrado resistência do capim amargoso a diferentes herbicidas (Rosa *et al.* 2023).

Como uma grande consequência dos diversos casos de resistência, está o impacto econômico que isso pode causar, pela falta de controle e consequente redução de produtividade e qualidade de produto, além da necessidade de reaplicação e todos os custos aí implícitos (Adegas *et al.* 2017).

A associação de diferentes herbicidas com diferentes mecanismos de ação pode contribuir para desacelerar o processo de resistência da planta daninhas e ainda pode aumentar a eficiência de controle (Monquero; Christoffoleti, 2001; Lamego *et al.* 2013; Tenório Filho *et al.* 2023). Diversas associações de herbicidas têm sido feitas e uma associação que vem ganhando destaque é do glifosato e o herbicida dicamba para ampliar o espectro de controle de plantas de folhas largas (Osipe *et al.* 2017; Carneiro, 2021).

Porém, alguns estudos para entender o comportamento da calda que compõe esses produtos ainda é essencial para garantir uma aplicação de maior qualidade com o mínimo de perdas.

2.2 Dicamba

A molécula herbicida dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzoico) foi descoberta próximo do ano de 1960 pelo cientista Sidney B. Richter (Shaner, 2014). O dicamba faz parte do grupo das auxinas sintéticas, pertencente ao grupo químico dos ácidos benzoicos e tem como alvo as plantas de folhas largas (Egan; Mortensen, 2012). O sintoma observado em plantas afetadas pelo dicamba é inicialmente a epinastia, seguido de deformações nas nervuras, engrossamento de raízes e posterior morte da planta (De Carvalho *et al.* 2022).

Após sua descoberta, o dicamba passou a ser comercializado e estudado ao longo dos anos. Esse produto tem como característica a alta solubilidade em água, e seu eficaz controle de plantas daninhas, especialmente de folhas largas. É um produto sistêmico, no qual é absorvido e translocado via xilema e floema (Lewis; Tzilivakis, 2017). O dicamba vem se destacando na utilização em associação com outros herbicidas, como o glifosato e 2,4-D devido aos sucessivos casos de resistência de plantas daninhas a esses produtos e a consequente redução da eficiência (Pereira *et al.* 2020; Santana, 2021; Ferreira, 2023). Então, a associação de diferentes princípios ativos para controle dessas plantas tem se tornado efetivo. Spricigio *et al.* (2021) identificaram maior controle de plantas daninhas em soja com a associação de dicamba e glifosato, além da associação do dicamba com glufosinato de amônio, em comparação as aplicações dos produtos de forma isolada em diferentes horas do dia.

As plantas de soja convencionais são sensíveis ao dicamba, causando perda de produtividade ou até a morte da planta a depender da dose do produto que atingiu as plantas (Griffin *et al.* 2013, Silva *et al.* 2018, Costa *et al.* 2020). Carvalho *et al.* (2022) identificaram o aparecimento de sintomas em plantas de soja convencional a partir de 3,75 g ha⁻¹. Silva *et al.* (2018) identificaram que baixas doses de dicamba causaram um efeito prejudicial maior do que baixas doses de 2,4-D, reduzindo a germinação e o vigor das sementes de soja.

Boteon (2022) também identificou sintomas de fitotoxicidade em plantas de algodão, feijão e amendoim, que receberam doses comerciais ou doses reduzidas do dicamba. Então, a tecnologia de aplicação é essencial nesse tipo de pulverização para garantir que o produto atinja o alvo e tenha o mínimo de perdas para o ambiente e reduzindo a chance de contaminação de culturas vizinhas. O

conhecimento do comportamento da calda em que contenha esse herbicida frente ao sistema de pulverização e a ponta de pulverização é essencial.

Porém, com a aprovação da soja INTACTA 2 XTEND® em 2018, a cultura da soja agora tem uma alternativa de variedade que possui tolerância ao herbicida dicamba, além de ser tolerante ao glifosato e ter amplo espectro de proteção contra as principais lagartas (Lima *et al.* 2023).

Com o advento das novas tecnologias, o cuidado da associação do dicamba com outros produtos, como o glifosato, deverá ser ainda maior, pois muitas vezes, no campo, plantas convencionais podem estar muito próximas de plantas transgênicas, assim, perdas por deriva pode prejudicar o desenvolvimento das plantas convencionais. Portanto, é necessário conhecer o comportamento dessas misturas associado aos componentes de aplicação, para determinar o tamanho de gota, pressão de trabalho, ponta de pulverização e demais fatores que contribuem para uma aplicação de qualidade.

2.3 Tecnologia de Aplicação

A tecnologia de aplicação visa auxiliar a deposição correta de produtos químicos na lavoura, garantindo que o produto atinja o alvo biológico (planta, solo e praga), de modo que haja o controle esperado e gere o mínimo de perdas para o ambiente, garantindo uma aplicação eficiente, mais econômica e mais segura (Azevedo; Freire, 2006).

A pulverização hidráulica por pontas de pulverização é a forma mais usual de pulverização de defensivos agrícolas (Ozkan *et al.* 1993; Teixeira, 1997). Nesse tipo de aplicação, a calda é fracionada em gotas que tem o objetivo de atingir o alvo desejado (Christofolletti, 1999).

Apesar das pontas de pulverização serem responsáveis pela formação das gotas a partir da pressurização das caldas e consequente fragmentação desse líquido, a formação das gotas também sofre interferência do tipo de calda pulverizada e da pressão de trabalho (Ruiter, 2002). As gotas produzidas a partir dessa combinação de fatores apresentam diferentes tamanhos, caracterizando assim o espectro de gotas.

Alguns parâmetros existem para identificar esse espectro de gotas de uma ponta associado com uma calda, como diâmetro mediano volumétrico (DMV), a amplitude relativa e o percentual do volume de gotas menores que 150 μm (Matthews, 2008). O

DMV é o diâmetro que divide o mesmo volume de gotas maiores e o mesmo volume de gotas menores. A amplitude relativa está relacionada com a homogeneidade do tamanho de gotas de uma ponta e o percentual de gotas menores que 150 μm também está relacionado com o potencial de deriva de uma aplicação. A partir desses parâmetros de avaliação, as gotas são classificadas a partir de pontas de referência por normas existentes como a ASABE S572.3, sendo classificadas como: “extremamente finas”, “muito finas”, “finas”, “médias”, “grossas”, “muito grossas”, “extremamente grossas” e “ultra grossas” (Asabe, 2018).

Então, as técnicas de aplicação são extremamente importantes e o conhecimento de cada fator citado é essencial para o conhecimento da interação que cada calda tem com os componentes da aplicação (Antuniassi, 2009). Somado a isso, é necessário adaptar a tecnologia de aplicação para o tipo de produto que será pulverizado. Para produtos sistêmicos, como glifosato e dicamba, o uso de gotas grossas reduz a deriva, sem reduzir a eficácia de controle sobre o alvo e as pontas de indução de ar são as mais indicadas (Antuniassi *et al.* 2017). Porém, as diferentes composições de calda também podem interferir no processo da formação de gotas dessas pontas e alterar os parâmetros do espectro de gotas (Queiroz *et al.* 2016).

Dentro da tecnologia de aplicação, a formação da calda é um dos processos mais importantes. Com cada vez mais produtos sendo associados em uma mesma calda, seja por necessidade de sinergia entre produtos ou por redução de custo de aplicação. De fato, a associação de vários produtos em uma calda requer atenção em diversos aspectos, como a ordem de mistura, formulação do produto adicionado, volume de calda, tipo de produto e até o comportamento dessa calda durante a trajetória até chegar à ponta de pulverização.

Todos os fatores relacionados ao espectro de gotas, está inteiramente relacionado com o potencial de deriva de uma determinada aplicação. Quanto maior o DMV e menor o percentual de gotas menores que 150 μm , menos suscetível à deriva é a pulverização, como identificado por Cunha *et al.* (2007).

A deriva é um problema potencial em qualquer aplicação de defensivos agrícolas, mas suas consequências são mais perceptíveis no caso dos herbicidas, cujo efeito tende a ser visualmente evidente em plantas sensíveis. O herbicida dicamba, por exemplo, está associado a inúmeros estudos de danos por deriva em culturas como soja, eucalipto e café (Santos, 2017; Costa, 2019; Silva, 2020; Zampiroli, 2023). Costa (2019) identificou redução de produtividade e até redução da qualidade fisiológica de

sementes de soja em locais que houve deriva de dicamba. Além disso, Santos (2017) também identificou redução de produtividade de maneira direta ao elevar de forma gradativa as doses do dicamba em que as plantas foram expostas. Silva (2020), também identificou prejuízos no desenvolvimento da cultura do eucalipto, principalmente em fases iniciais da cultura, ao ser exposta ao herbicida dicamba. Já na cultura do café, Zampiroli (2023) identificou efeitos principalmente em mudas, com sintomas como epinastia foliar, alteração de distância de internódios e necrose na bordadura de folhas.

Portanto, conhecer a interação do volume de calda, pressão de trabalho, junto com a composição da calda é de extrema importância para atingir o objetivo de controle com a maior eficiência possível e com a menor perda de aplicação por deriva. (Cunha; Ruas, 2006; Carvalho, 2013; Antuniassi *et al.* 2017).

2.4 Adjuvantes

Os adjuvantes são substâncias adicionadas à calda fitossanitária para aumentar a eficiência do produto ou modificar determinadas propriedades da solução a fim de melhorar o manuseio e as aplicações com a redução de possíveis problemas (Vargas; Roman, 2006). Os adjuvantes podem atuar desde a formação das gotas até a ação biológica do ativo no alvo (Carvalho *et al.* 2022).

Esse tipo de produto está cada vez mais frequente no cotidiano das aplicações de produtos fitossanitários, então há uma necessidade de entender o comportamento de cada produto ao interagir com a calda e com os componentes da pulverização. Cada tipo de adjuvante desempenha uma função diferente, diversos tipos de adjuvantes, como os surfactantes, óleos e polímeros, podem ajudar em processos de redução de deriva, espalhamento, adesividade, ajuste de pH, entre outros (Raetano; Chechetto, 2019).

A classe dos surfactantes é uma das principais classes utilizadas na pulverização de defensivos agrícolas (Raetano; Chechetto, 2019). Os surfactantes destacam-se por reduzir a tensão superficial da calda, com o consequente aumento da taxa de absorção pela planta, além de reduzir a taxa de evaporação (Tu; Randall, 2003).

Costa *et al.* (2014), identificaram uma redução significativa da tensão superficial de caldas de glifosato e 2,4-D com a utilização de surfactantes. Cardoso (2022), também encontrou uma relação com redução da tensão superficial em caldas com

herbicidas, além de um melhor controle de plantas daninhas com a adição desses produtos. A tensão superficial é um fenômeno físico que ocorre na interface entre dois meios, geralmente um líquido e o ar. A tensão superficial tem um papel fundamental na eficiência de aplicação de defensivos agrícolas, já que ela afeta a formação de gotas e a aderência das substâncias nas superfícies das plantas (Tang *et al.* 2008). Mendonça *et al.* (1999), identificaram que ao adicionar surfactantes houve redução da tensão superficial e consequentemente aumento da área de molhamento. Zabkiewicz (2008), também identificou melhora na pulverização ao reduzir a tensão superficial com adição de surfactantes. Além disso, Hilz e Vermeer (2013) também mostram que a tensão superficial afeta o tamanho das gotas pulverizadas.

Os surfactantes são classificados a partir da sua carga, sendo os não iônicos (sem carga) os mais indicados nas misturas com os defensivos agrícolas, evitando assim problemas de compatibilidade (Oliveira, 2011). Portanto, se um surfactante for utilizado de maneira incorreta, pode acabar prejudicando a ação do princípio ativo e influenciando de forma negativa na eficiência da aplicação.

Os óleos também são amplamente utilizados como adjuvantes e eles auxiliam principalmente no processo de adesividade da calda, além do efeito penetrante. Existem alguns tipos de óleos que podem agir de maneira diferente com cada calda de pulverização. Os óleos minerais, em geral, são recomendados em concentrações mais baixas, devido ao seu potencial de causar fitotoxicidade (Carvalho *et al.* 2022). Os óleos vegetais modificados também possuem uma ação penetrante maior do que os óleos vegetais comuns, sendo assim recomendada a utilização em menores concentrações (Antuniassi, 2009).

Os adjuvantes a base de polímeros, como goma guar, também são utilizados com o objetivo de trabalhar como redutores de deriva e se destacam por alterar a viscosidade da calda e a consequente redução do percentual de gotas menores do que 150 μm e o aumento do DMV, realizando uma aplicação mais segura por conta da redução do potencial de deriva (Carvalho *et al.* 2022). Então, adjuvantes a base de polímeros podem ter função primordial na qualidade de aplicação de uma calda fitossanitária. Oliveira e Antuniassi (2012) identificaram aumento de DMV e redução de V100 influenciando no potencial de deriva de caldas em que houve mudanças de viscosidade e tensão superficial. De Schampheleire *et al.* (2009), também identificaram redução do potencial de deriva com o aumento da viscosidade da calda a partir da adição de polímeros.

Porém, os polímeros podem ser altamente influenciados pelo cisalhamento, que está diretamente relacionado com o processo de recirculação de caldas, o que altera suas propriedades reológicas e o comportamento durante a aplicação (Lu; PAL, 2025). Essa alteração pode influenciar o comportamento da calda e reduzir os efeitos benéficos que adjuvantes a base de polímeros podem fornecer no processo de pulverização.

Então, é necessário identificar o adjuvante que atenda as expectativas e propósitos para cada ocasião e como ele pode ser influenciado pelo tipo e volume de calda e até pela trajetória que a calda percorre no pulverizador durante o processo de pulverização, bem como entender o processo de recirculação de caldas e as consequências para cada tipo de produto que compõe uma calda de pulverização.

2.5 Recirculação de caldas

Durante o processo de pulverização, parte da calda pode retornar para o sistema do pulverizador a partir de um mecanismo que desvia a trajetória de parte da calda que iria direto para as pontas de pulverização, com o sistema controlador de pressão tendo um papel decisivo (Raetano; Boller, 2019).

Existe a possibilidade de uma válvula compor o sistema de pulverização com o objetivo de dividir o fluxo de líquido em dois trajetos. Além da trajetória padrão até as pontas hidráulicas para ocorrer o processo de pulverização, parte do fluxo volta direto para o tanque, no qual se configura o efeito de recirculação e agitação de calda dentro do reservatório (Antuniassi *et al.* 2022). A recirculação de calda garante o processo de agitação que é importante para manter as misturas homogêneas. Existem alguns tipos de válvulas que podem auxiliar na restrição da passagem do fluido, porém, vale a premissa de que essa restrição maior ou menor, pode influenciar na pressão do sistema de pulverização, assim tendo a possibilidade de influenciar nas características das caldas (Raetano; Boller, 2019).

Além disso, existem dois tipos de bombas principais que são equipadas nos pulverizadores terrestres: bombas centrífugas e as bombas de deslocamento positivo, nas quais estão inclusas as bombas de pistão. Nas bombas de deslocamento positivo, quando ocorre obstrução no sistema, o fluxo de calda no sistema se mantém constante, porém há uma variação de pressão que pode influenciar de maneira negativa sobre os componentes do sistema. Já nas bombas centrífugas, se houver

alguma obstrução no sistema, não haverá grandes alterações de pressão, porém a vazão será consideravelmente reduzida (Gomes, 2009). Essas diferenças também podem influenciar no espectro de gotas e interagir de formas diferentes com os componentes das caldas, modificando a qualidade de aplicação.

Alguns autores já relataram problemas de misturas por conta da ausência desse mecanismo. Lourenzen (2015) identificou a separação de fases de misturas de herbicidas e inseticidas com a ausência de agitação. Fehndrich (2021) também observou incompatibilidades e perda de eficiência se não trabalhar com agitação continua com determinadas misturas.

Em contrapartida, o sistema de recirculação pode afetar algumas características dos produtos, influenciando em alguns aspectos importantes no momento da aplicação, como o espectro de gotas (Antuniassi *et al.* 2022). Além disso, alguns produtos que são utilizados para melhorar a eficiência da calda no momento da pulverização, podem sofrer influencia a partir desse sistema. Zhu *et al.* (1997), identificaram que o sistema de recirculação reduziu a eficiência de polímeros ao reduzir o tamanho da gota de caldas pulverizadas e, conseqüentemente, aumentou o potencial de perdas por deriva. A principal causa para ocorrer essa mudança de característica das caldas é a partir da alteração da reologia da calda que é influenciada durante o processo de recirculação da calda.

A reologia, ciência que estuda a deformação e o escoamento dos materiais, é fundamental para compreender a dinâmica de fluidos utilizados na agricultura, sobretudo em operações de pulverização (Blahovec, 2011). O conhecimento dos parâmetros reológicos, como viscosidade e resposta ao cisalhamento, é essencial para otimizar o desempenho operacional e agrônômico da pulverização, bem como para garantir a eficácia da aplicação e a redução de impactos ambientais com a redução do potencial de deriva. Durante a recirculação, a calda é submetida a elevadas taxas de cisalhamento e o comportamento da calda sob esse cisalhamento afeta diretamente o processo de pulverização. Por conta disso, o tipo de bomba e a intensidade do processo de recirculação tem influência significativa no DMV e V150 das caldas, principalmente se composta por adjuvantes polímeros, onde o polímero pode ser mais sensível ao cisalhamento causado pela recirculação, fornecendo espectros de gotas mais propensos à deriva, com menor DMV e maior V150. Outros adjuvantes tiveram menos ou nenhuma interferência significativa em seu desempenho após passarem pelo processo de recirculação (Antuniassi *et al.* 2022). Downer *et al.*

(1995) identificaram que caldas contendo polímeros obtiveram o mesmo potencial de deriva de caldas sem a presença desses produtos, muito por conta da perda de eficiência durante o processo de recirculação da calda.

Além disso, Antuniassi *et al.* (2023), que serviu como base para a presente pesquisa, ao padronizar um protocolo de pesquisa para identificar a capacidade de adjuvantes redutores de deriva, identificaram que houve grande diferença de resultados ao avaliar o espectro de gotas de caldas que não sofreram o processo de cisalhamento a partir do bombeamento, para caldas que passaram pelo processo de recirculação, alterando de forma consistente o DMV e V150 de caldas com a mesma composição.

Produtos a base de polímeros atuam diretamente na viscosidade da calda. A viscosidade desempenha um papel essencial, pois afeta diretamente a forma como a mistura se comporta durante a pulverização. A viscosidade é a resistência ao fluxo de um líquido (Martin, 1993). Na pulverização de caldas com pontas de pulverização padrão, se a viscosidade for muito baixa, o espectro de gotas está mais propenso a gerar gotas mais finas, o que aumenta o risco de deriva. Por outro lado, se a viscosidade for muito alta, a calda pode se tornar mais difícil de pulverizar, prejudicando a distribuição uniforme e até obstruindo a passagem da calda pelos componentes do pulverizador. Christofolletti (1999) afirmou que, à medida que aumentam os valores de viscosidade, ocorre um aumento no diâmetro das gotas, uma vez que as características físicas da calda afetam o processo de formação das gotas. Isso resulta em maior consumo de energia, dificultando o cisalhamento do líquido e alterando o espectro de gotas gerado.

Então, conhecer o comportamento das caldas ao sofrer interação com esse tipo de equipamento é importante para identificar o quanto ele pode influenciar nas características das misturas e consequentemente identificar o potencial de deriva que essas caldas podem oferecer depois que passam por esse sistema.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Máquinas para Pulverização, que faz parte do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), localizado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, (FCA/UNESP), em Botucatu – SP.

3.2 Análise do espectro de gotas e delineamento

Esse trabalho foi baseado segundo metodologia descrita por Antuniassi *et al.* (2023) que consiste em um protocolo de avaliação que inclui o efeito da recirculação da calda através da bomba de pulverização desenvolvido para a aprovação de adjuvantes redutores de deriva em mistura em tanque com o dicamba. A pesquisa visa avaliar o desempenho de adjuvantes em relação ao potencial de deriva, sem avaliar o potencial de controle fitossanitário.

Segundo Antuniassi *et al.* (2023), o trabalho deve seguir algumas diretrizes: Qualquer produto utilizado como adjuvante deve ser avaliado como parte de uma calda padrão de mistura em tanque com dicamba e glifosato, considerando uma taxa de volume de 100 L ha⁻¹; A calda com este adjuvante avaliado deve ser comparada em um experimento emparelhado com uma calda preparada com o adjuvante de referência; Ambas as caldas devem ser pulverizadas com ponta de referência a 500 kPa utilizando pulverizador experimental equipado com bomba de pistão considerando as seguintes intensidades de recirculação: não bombeada e 4, 10 e 16 ciclos (um ciclo significa que a calda passou pelo bombeamento uma vez); Os dados de DMV e V150 devem ser coletados em uma câmara de pulverização por um sistema de difração a laser com a ponta de referência pulverizando a calda padrão, enquanto o pulverizador experimental realiza o bombeamento; Todos os testes devem considerar pelo menos cinco repetições; Todos os resultados para um adjuvante avaliado em todas as intensidades de recirculação (0, 4, 10 e 16) devem ser reunidos em um único conjunto de dados para gerar um valor médio e o intervalo de confiança (IC) de 95% para o DMV e o V150. O mesmo procedimento de análise deve ser aplicado aos dados gerados com o adjuvante de referência.

Com base nessas diretrizes, o experimento foi realizado com a combinação de treze caldas com diferentes adjuvantes, quatro intensidades de recirculação ou ciclos da bomba (0, 4, 10 e 16 ciclos) e 2 pressões (300 e 500 kPa). As aplicações foram realizadas utilizando-se a ponta de pulverização de jato plano com indução de ar, modelo TTI 11003 (TeeJet, Spraying Systems, CO, US). Além da pressão de 500 kPa que estaria de acordo com o protocolo, também foi testada uma pressão inferior (300kPa) para identificar o efeito que a diferença de pressão pode causar no comportamento do espectro de gotas das caldas.

Todas as caldas foram compostas pelos herbicidas XtendCam (dicamba sal DGA, 480 g/L a 1.0 L ha⁻¹) e Roundup Transorb R (glifosato sal potássico, 588 g/L a 2.0 L ha⁻¹) a 100 L ha⁻¹. Na calda de referência foi adicionado o XtendProtect (1% v/v). Cada tratamento que foi confrontado com a calda referência, foi composto pelo XtendCam + Roundup Transorb R que se diferenciou pelo adjuvante. As características e doses dos adjuvantes utilizados em cada tratamento estão descritos na Tabela 1. Foram utilizadas 10 caldas com adjuvante a base de polímero de diferentes marcas, além de duas caldas com surfactantes e uma calda com óleo vegetal modificado.

Tabela 1 - Composição e dose de produtos utilizados nos tratamentos

Tratamento	Composição	Dose/Concentração
Referência	XtendCam + Roundup Transorb R + XtendProtect	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
1	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 1	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
2	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 2	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
3	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 3	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 150 mL/ha
4	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 4	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
5	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 5	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
6	XtendCam + Roundup Transorb R + Surfactante	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 0,15% v/v
7	XtendCam + Roundup Transorb R + Surfactante	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 0,3% v/v
8	XtendCam + Roundup Transorb R + MSO + Surfactante	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 0,2% v/v
9	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 6	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
10	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 7	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
11	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 8	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
12	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 9	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 1% v/v
13	XtendCam + Roundup Transorb R + Polímero 10	1.0 L/ha + 2.0 L/ha + 450 mL/ha

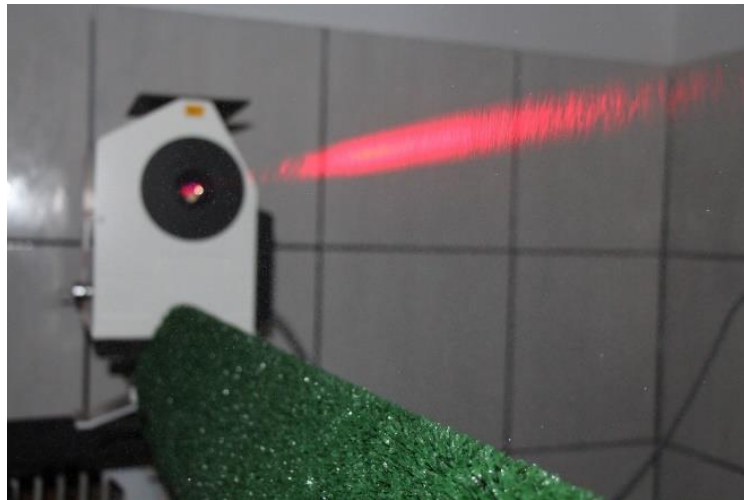
As intensidades de recirculação (uma recirculação ou "ciclo" representa uma passagem da calda pela bomba) foram selecionadas a partir da necessidade de proporcionar o tempo de leitura no analisador de partículas (Tabela 2), em que era cerca de 8 a 10 minutos por leitura. Para a situação sem recirculação, foi realizada uma pulverização com ar comprimido, o que possibilitou a avaliação sem circulação da calda. Para as demais intensidades, a ponta ficou acionada ininterruptamente e as coletas foram referenciadas por tempo visando alcançar as intensidades determinadas. Cerca de 8 minutos após o início da recirculação o sistema atingiu quatro ciclos. Cerca de 18 minutos após o início da recirculação o sistema atingiu 10 ciclos, e cerca de 25 minutos após o início da recirculação o sistema atingiu 16 ciclos.

Tabela 2 - Descrição das intensidades de recirculação

<u>Intensidade de recirculação (ciclos)</u>
0 (zero)
4
10
16

A avaliação do espectro de gotas foi realizada em câmara de pulverização com um analisador de partículas em tempo real por difração de raio laser (Sympatec Helos-Vario/KR-OM). Nesse sistema o espectro de gotas é estimado através do desvio da trajetória que o laser sofre ao atingir as gotas pulverizadas (Figura 1). Para cada tratamento foram realizadas cinco repetições.

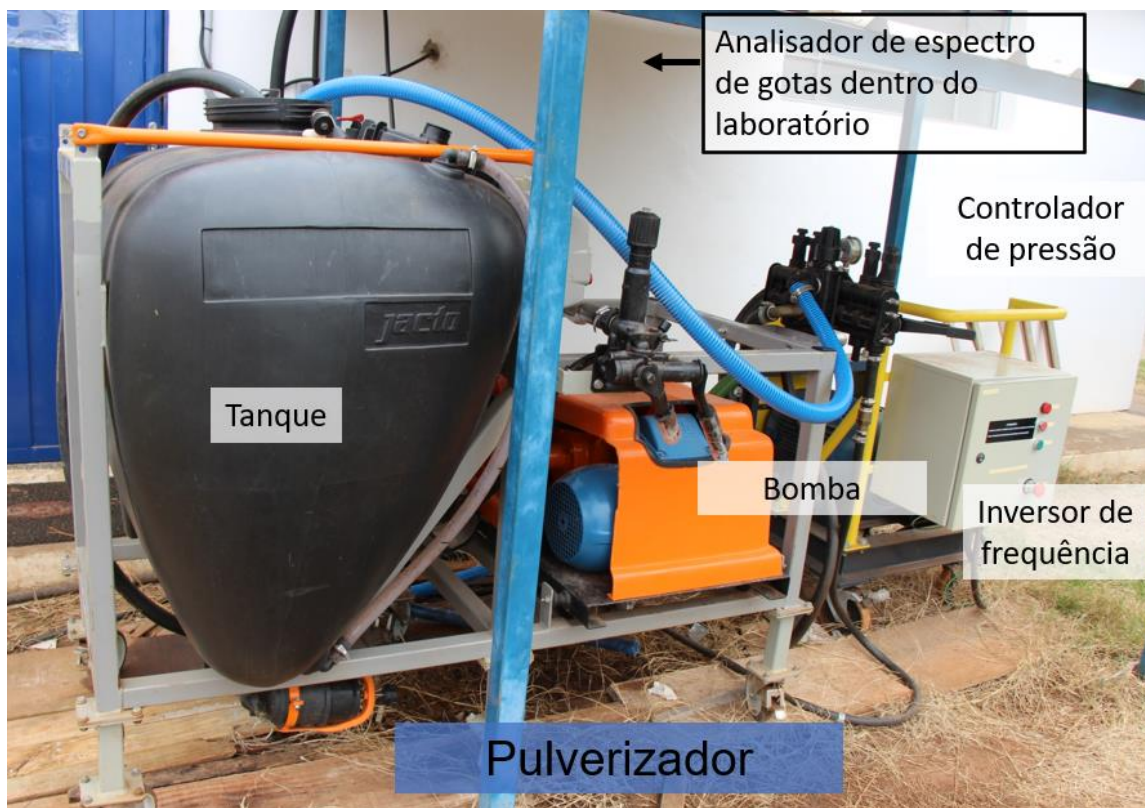
Figura 1 - Analisador de partículas por difração a laser



Fonte: Antuniassi (2023)

As caldas foram colocadas em um pulverizador Condor 400 da Jacto equipado com uma bomba de pistão. A bomba de pistão (Jacto JP-75) foi ajustada para fornecer uma vazão de 75 L/min, ajustando a velocidade para 540 rpm. Um controlador de vazão manual Jacto MF 2000 foi utilizado para ajustar a pressão e dividir a vazão entre o bico e uma linha de retorno para o tanque do pulverizador, proporcionando a recirculação. O pulverizador foi instalado para ter seu funcionamento estacionário, alimentado por motor elétrico, e a parte hidráulica instalada para realizar a pulverização dentro da câmara de pulverização onde fica operando o analisador de partículas (Figura 2). A perda de carga do sistema hidráulico também foi avaliada nos testes prévios para confirmar a pressão de 300 e 500 kPa na saída da ponta de pulverização, esses testes levaram em consideração a vazão da ponta nas pressões e a aferição dos manômetros utilizados no estudo.

Figura 2 - Sistema de bombeamento com pulverizador Jacto e bomba de pistão.



Fonte: Antuniassi (2023)

As caldas foram formuladas através do processo de mistura direta no tanque, onde se colocava água no tanque e adicionava os defensivos agrícolas, de acordo com a norma ASTM E1518-05/2012. A ordem de mistura também seguiu as indicações da mesma norma e todas as bulas dos fabricantes dos produtos foram consultadas para avaliar qualquer aviso de restrição no momento das misturas.

Dentre os parâmetros avaliados pelo equipamento, foram selecionados para caracterizar o espectro de gotas: diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual do volume de gotas menores que 150 μm (V150).

Os valores médios e o Intervalo de Confiança a 95% (IC 95%) foram calculados reunindo todos os dados gerados em cada repetição para cada adjuvante candidato comparado com a referência em cada ensaio, em todas as intensidades de recirculação (0, 4, 10 e 16) e nas duas pressões (300 e 500 kPa) tanto para o DMV quanto para o V150.

A média dos valores foram considerados para comparar os resultados e comparar cada adjuvante testado com o adjuvante de referência em cada ensaio. Então, os

treze adjuvantes testados foram comparados com a calda que contém somente os herbicidas, para entender o quanto o adjuvante colabora com a redução de deriva e os adjuvantes também foram comparados com as caldas referencias, para identificar o parâmetro ideal de aprovação.

Um adjuvante testado foi considerado aprovado se seu DMV foi igual ou maior e seu V150 igual ou menor que o adjuvante padrão, sempre levando em consideração o IC de 95% a 500 kPa, de acordo com o protocolo de referência. Além disso, uma comparação direta a 500 kPa foi feita com todos os tratamentos sem bombeamento e com o máximo de bombeamento (16 ciclos) a fim de identificar de maneira mais assertiva a influência do bombeamento no comportamento das caldas e dos adjuvantes em estudo.

4 RESULTADOS

4.1 Tratamento 1

Houve diferença de DMV e V150 ao variar os ciclos (0, 4, 10 e 16) e as caldas, tanto para 300 kPa quanto para 500 kPa (Tabela 3).

Tabela 3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μ m (V150) da calda referência e da calda do tratamento 1 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa.

DMV (μ m)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	713,26a	632,38 b	628,98 b	618,43 b	643,31 a	596,91 a	583,82 a	576,94 a
Tratamento 1	600,19 c	797,50 a	727,89 a	716,66 a	646,21 a	588,17 a	569,39 a	548,11 b
Herbicidas	635,48 b	593,88 c	587,10 c	605,93 b	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,65 a	2,38 c	2,35 b	2,54 a	2,7 c	3,55 b	3,36 b	3,39 b
Tratamento 1	2,87 b	1,99 a	2,33 b	2,51 a	3,29 b	4,53 a	4,71 a	4,97 a
Herbicidas	2,39 c	2,65 b	2,75 a	2,59 a	4,08 a	4,48 a	4,68 a	5,07 a

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Ao observar o DMV da pulverização das caldas do tratamento 1 sem nenhum ciclo a 300 kPa de pressão, nota-se que a calda referência obteve o melhor resultado e a calda com o adjuvante polímero obteve o valor mais baixo de DMV. Porém, ao elevar os ciclos de bombeamento das caldas, há uma mudança de comportamento, com a calda composta pelo adjuvante polímero 1 obtendo valor maior de DMV comparada a calda referência (Tabela 3).

Ao analisar o DMV da pulverização das caldas a 500 kPa de pressão, nota-se que não houve diferença entre a calda referência com o XtendProtect e a calda com o polímero 1 pulverizando após até 10 ciclos da calda na bomba. Porém, ao elevar os ciclos de bombeamento das caldas, há uma mudança de comportamento, com a calda composta pelo adjuvante XtendProtect se destacando no momento de 16 ciclos.

Ao comparar o V150 também se nota que houve diferença entre os ciclos e entre as caldas para as diferentes pressões avaliadas (Tabela 3).

O V150 da pulverização das caldas sem nenhum ciclo a 3 bar de pressão, semelhante ao que ocorreu no DMV, a calda com o XtendProtect obteve o melhor resultado e a calda com o adjuvante polímero obteve o valor mais alto de V150. Porém, ao elevar para 4 ciclos de bombeamento das caldas, há uma mudança de comportamento, com a calda composta pelo adjuvante polímero se destacando frente as outras. Porém, ao final dos 16 ciclos, não houve diferença de V150 entre as caldas. Já a 5 bar, a calda com o Xtend Protect apresentou menor valor de V150 para todos os ciclos.

Ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos a 500 kPa de pressão, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante candidato foi igual ao DMV da calda referência (Figura 3). Porém, o V150 da calda referência foi menor se comparado a calda com o adjuvante polímero 1 (Figura 4). Como, de acordo com (ANTUNIASSI et. al., 2023), o critério para o adjuvante avaliado deveria preencher os dois requisitos (DMV maior ou igual a calda referência e V150 menor ou igual), o adjuvante do tratamento 1 não foi aprovado como adjuvante redutor de deriva de acordo com o protocolo de referência para esse trabalho.

Figura 3 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 1

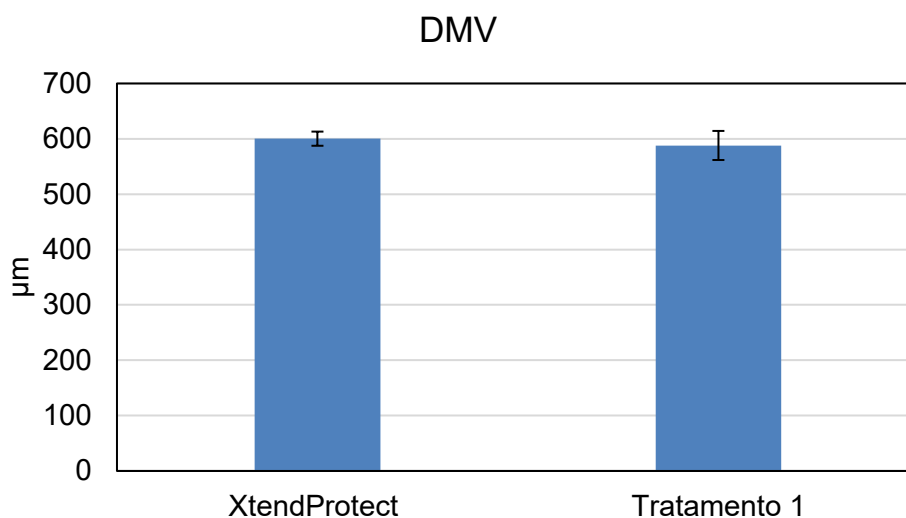
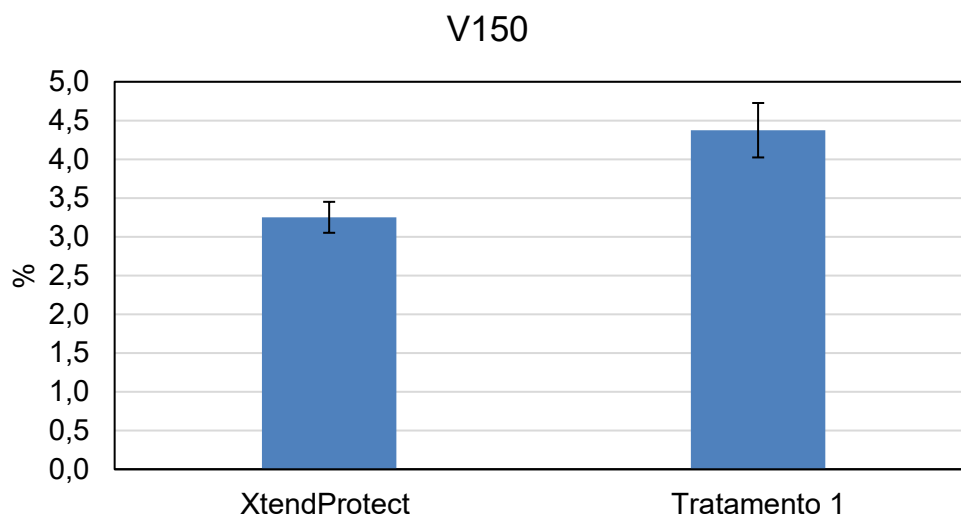


Figura 4 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 1



4.2 Tratamento 2

Ao comparar a calda composta pelo tratamento 2 (Polímero 1% v/v) com as caldas padrões XtendCam + Roundup Transorb R e a calda composta pelo XtendCam + Roundup Transorb R + Xtend Protect, nota-se, que de forma similar ao tratamento 1, houve diferença de DMV entre os ciclos e entre as caldas para as pressões de 300 e 500 kPa (Tabela 4).

Tabela 4 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 2 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	713,26 a	632,388 b	628,98 b	618,43 b	643,31 b	596,91 b	583,87 a	576,99 a
Tratamento 2	596,67 c	759,38 a	737,32 a	724,11 a	815,61 a	649,1 a	581,88 a	573,60 a
Herbicidas	635,48 b	593,88 c	587,10 c	605,93 b	497,61 c	480,87 c	473,72 b	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,65 b	2,38 b	2,35 b	2,54 a	2,70 b	3,55 c	3,36 c	3,39 c
Tratamento 2	1,66 b	2,00 c	2,48 b	2,54 a	1,94 c	4,18 b	4,41 b	4,73 b
Herbicidas	2,39 a	2,65 a	2,75 a	2,59 a	4,07 a	4,48 a	4,68 a	5,07 a

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

O DMV da pulverização das caldas sem nenhum ciclo a 3 bar de pressão, nota-se que a calda com o XtendProtect obteve o melhor resultado e a calda com o adjuvante polímero 2 obteve o valor mais baixo de DMV. Porém, ao elevar os ciclos de bombeamento das caldas, há uma mudança de comportamento, com a calda composta pelo adjuvante polímero 2 se destacando frente as outras em todos os ciclos. Ao pulverizar a 5 bar de pressão, o adjuvante a base de polímero se destacou com o maior valor de DMV com até 4 ciclos, porém, a partir do décimo ciclo, não houve diferença entre os Xtend Protect e o adjuvante polímero 2.

Para o V150, tanto a 300 e a 500 kPa de pressão, quando não houve ciclos, o adjuvante testado se destacou com um resultado semelhante ou até melhor comparado a calda referência. Porém, ao testar com o ciclo máximo, a calda referência indicou melhores índices de V150

Ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos a 500 kPa de pressão, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante polímero 2 avaliado foi superior ao DMV da calda referência (Figura 5). Além disso, o V150 da calda com o polímero 2 foi estatisticamente igual se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 6), sendo suficiente para ser aprovado de acordo com o protocolo referência para esse estudo.

Figura 5 – Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 2

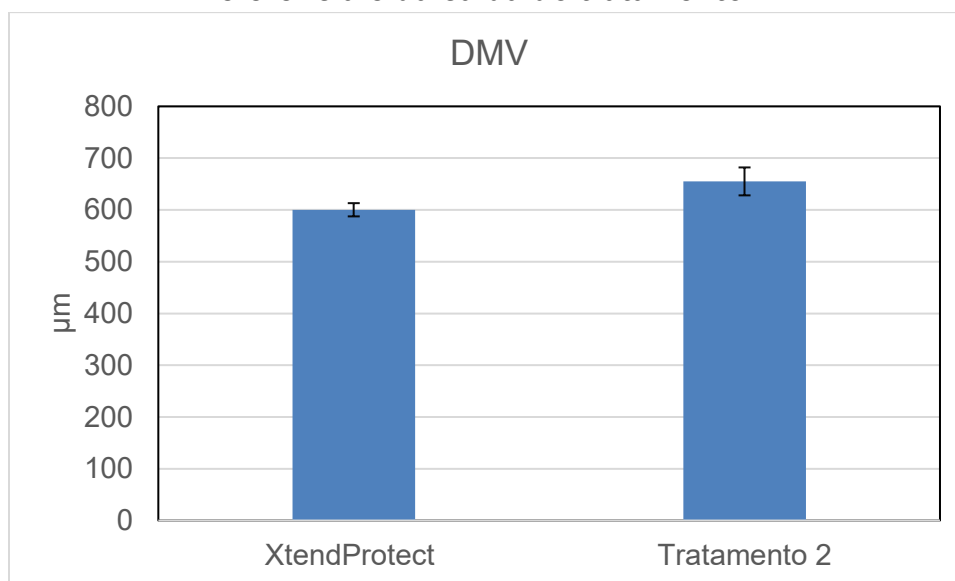
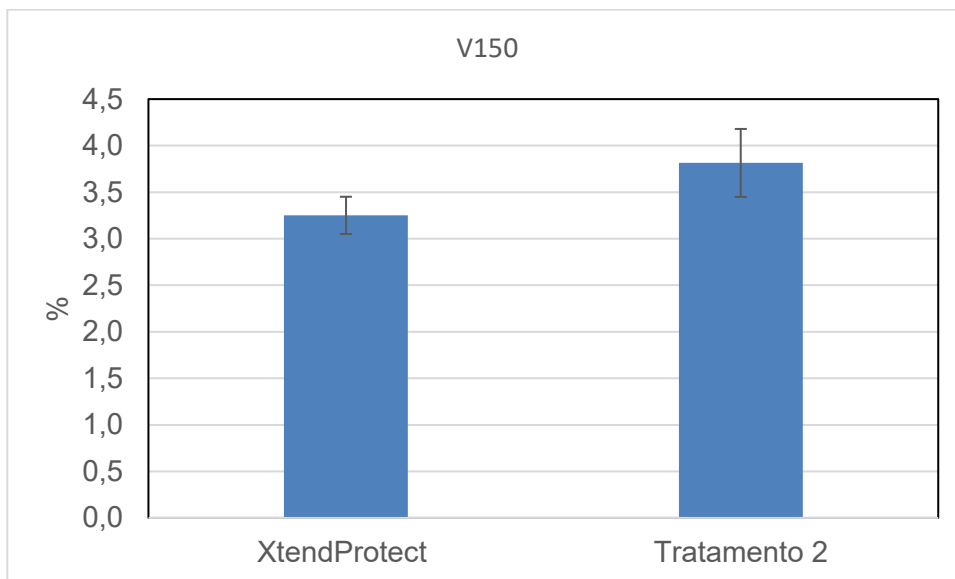


Figura 6 – Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 2



4.3 Tratamento 3

No tratamento 3, também houve diferenças no DMV ao comparar as caldas em diferentes ciclos. A calda com Xtend Protect obteve maior valor de DMV e menor valor de V150 em todos os ciclos testados na pressão de 300 e 500 kPa.

Tabela 5 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 3 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	737,07 a	680,47 a	663,77 a	647,17 a	609,61 a	583,36 a	566,12 a	536,87 a
Tratamento 3	699,32 b	664,61 a	631,08 b	601,83 b	581,53 b	558,56 b	528,44 b	512,65 b
Herbicidas	635,48 c	593,87 b	587,10 c	605,93 c	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,77 c	1,84 c	2,02 c	2,19 c	3,58 c	3,81 c	4,19 c	4,46 c
Tratamento 3	3,06 a	3,01 a	2,93 a	3,54 a	5,35 a	5,20 a	5,30 a	5,47 a
Herbicidas	2,39 b	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 b	4,48 b	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Por conta disso, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 5 bar, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante testado foi

estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 7). Além disso, o V150 da calda com o polímero 3 foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 8). Sendo assim, o adjuvante 3 não atendeu os critérios de acordo com o protocolo referência.

Figura 7 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 3

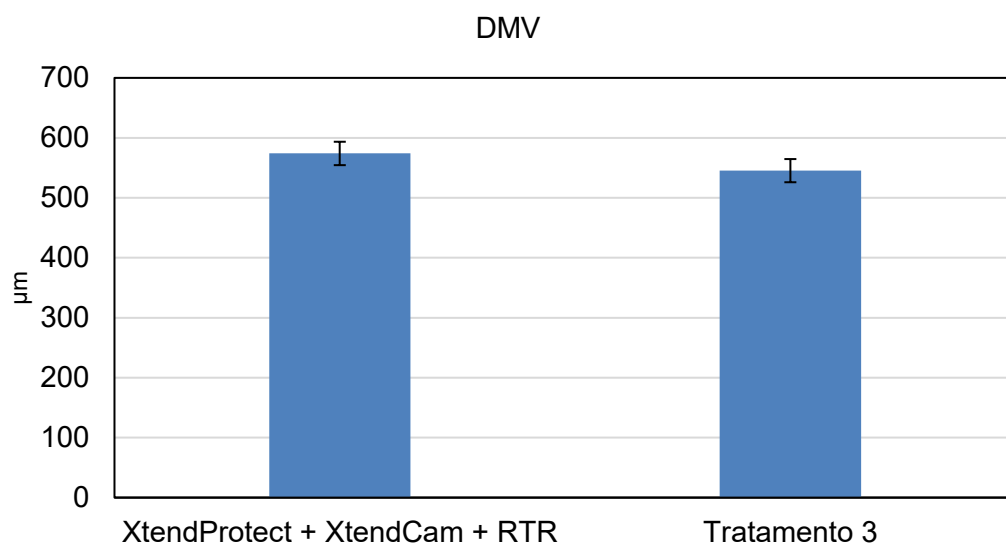
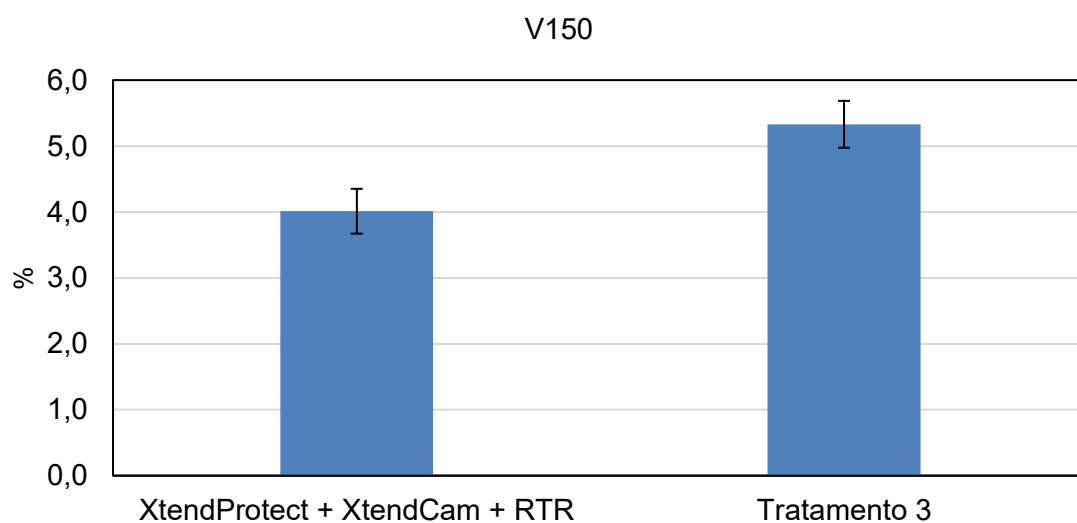


Figura 8 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 3



4.4 Tratamento 4

A calda referência obteve maior valor de DMV apenas na pulverização sem bombeamento, na pressão de 300 kPa. Porém, na pressão de 500 kPa, o DMV foi mais elevado apenas nos ciclos de 10 e 16. Em contrapartida, o tratamento 4 na pressão de 500 kPa gerou os maiores valores de V150, não sendo suficiente para confrontar com o adjuvante referência.

Tabela 6 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 4 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	713,26 a	632,39 b	628,97 b	618,43 b	643,31 b	596,91 b	583,87 a	576,94 a
Tratamento 4	593,92 c	736,52 a	712,04 a	688,17 a	755,56 a	623,44 a	555,38 b	532,10 b
Herbicidas	635,47 b	593,87 c	587,10 c	605,93 c	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,65 c	2,38 b	2,35 c	2,54 b	2,70 b	3,55 c	3,36 c	3,39 c
Tratamento 4	1,97 b	2,38 b	2,91 a	3,28 a	2,58 b	4,26 b	5,50 a	5,68 a
Herbicidas	2,38 a	2,65 a	2,74 b	2,59 b	4,08 a	4,48 a	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 500 kPa, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante testado foi estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 9). Além disso, o V150 da calda com o polímero 4 foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 10). Sendo assim, o adjuvante 4 não passou na avaliação de acordo com o protocolo de referência.

Figura 9 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 4

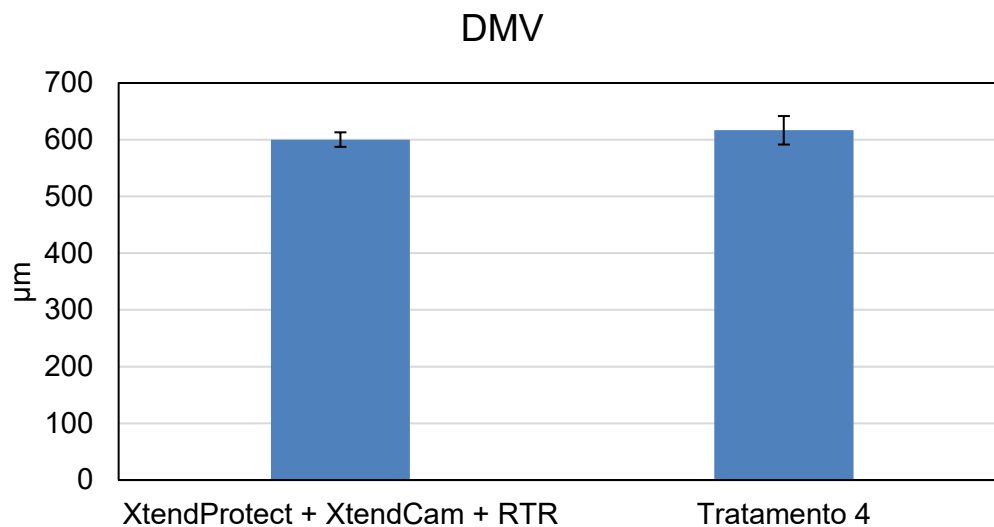
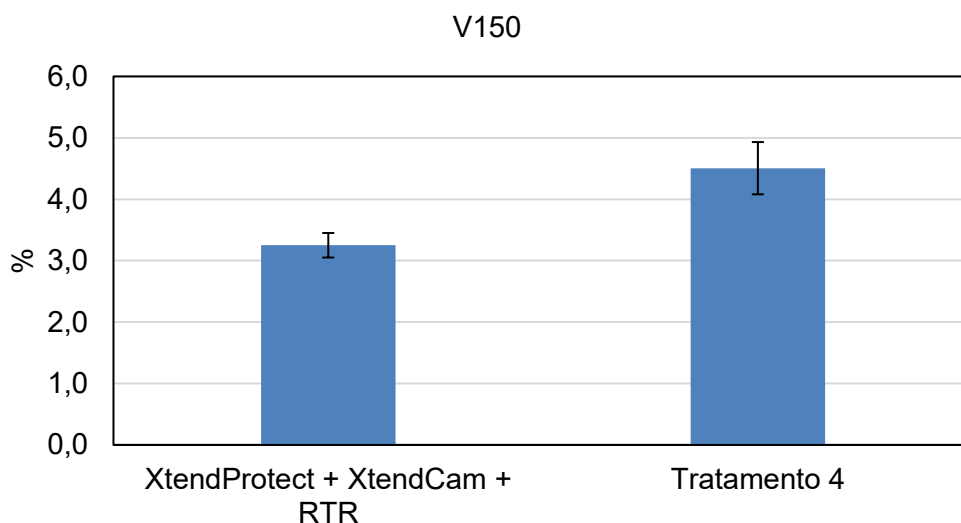


Figura 10 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 4



4.5 Tratamento 5

Semelhante ao que ocorreu com outros adjuvantes, houve diferença de resposta do DMV e V150 ao alterar a pressão e a quantidade de ciclos (Tabela 7). Ao pulverizar sem recirculação, a calda referência obteve DMV superior a calda com o adjuvante candidato, porém, ao elevar o número de ciclos, a calda do tratamento 5 superou o tamanho de gotas gerado pela calda referência. Porém, ao analisar o V150, apenas

na pulverização depois de 4 ciclos com 300 kPa de pressão que o adjuvante candidato conseguiu um V150 inferior ao adjuvante referência.

Tabela 7 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 5 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (µm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	713,26 a	632,38 b	628,97 b	618,43 b	643,31 b	596,91 b	583,82 a	576,94 a
Tratamento 5	594,53 c	843,51 a	739,22 a	708,83 a	772,07 a	624,79 a	545,23 b	518,30 b
Herbicidas	635,47 b	593,88 c	587,10 c	605,93 b	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,65 b	2,38 b	2,35 b	2,54 b	2,70 b	3,55 c	3,36 c	3,39 c
Tratamento 5	2,30 a	1,73 c	2,76 a	2,98 a	2,68 b	4,26 b	5,55 a	5,56 a
Herbicidas	2,39 a	2,65 a	2,75 a	2,58 b	4,07 a	4,48 a	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 500 kPa, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante Polímero 5 foi estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 11). Além disso, o V150 da calda com o polímero 5 foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 12). Sendo assim, o adjuvante polímero 5 não conseguiu cumprir com os dois requisitos propostos por Antuniassi et. al., (2023).

Figura 11 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 5

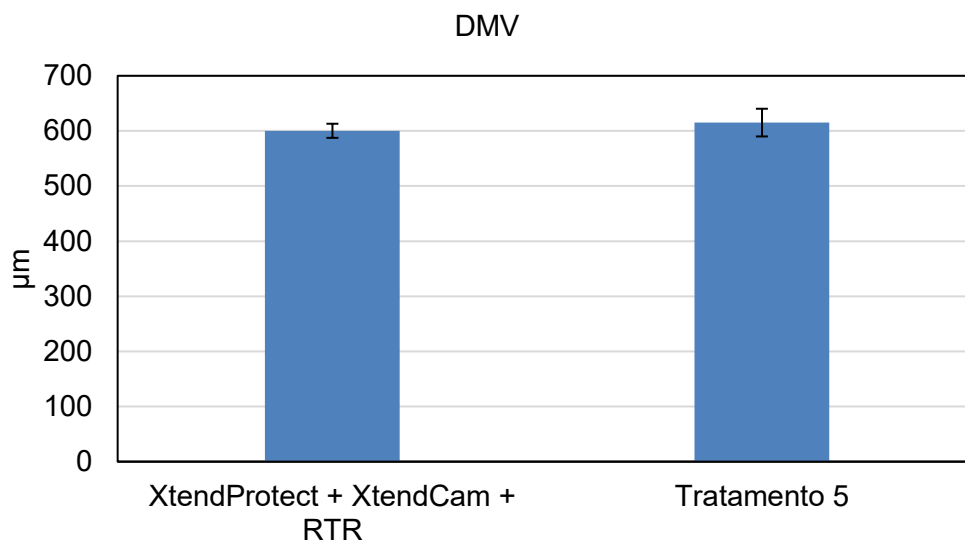
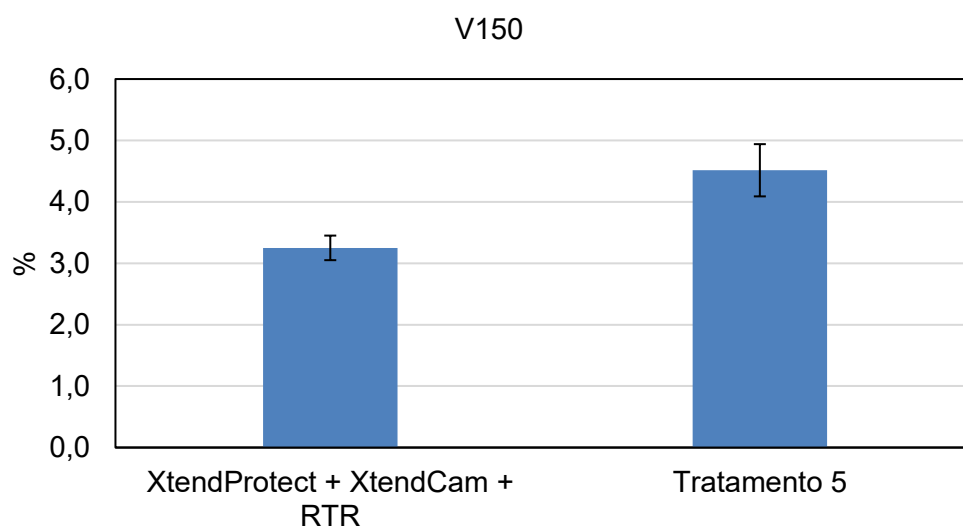


Figura 12 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 5



4.6 Tratamentos 6, 7 e 8

O DMV e V150 nos tratamentos 6 (surfactante 1), 7 (surfactante 2) e 8 (MSO + surfactante) ocorreu de forma semelhante, com as caldas com os adjuvantes surfactantes adicionados apresentando menor valor de DMV e maior valor de V150

em todos os ciclos e nas duas pressões (Tabela 8, 9 e 10), sendo insuficiente para confrontar o adjuvante referência, com números inferiores nos dois quesitos.

Tabela 8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 6 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (µm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	711,02 a	684,91 a	651,60 a	635,96 a	604,35 a	568,20 a	556,21 a	540,63 a
Tratamento 6	560,88 c	539,54 c	538,51 c	527,97 c	472,17 c	448,22 c	440,22 c	432,22 c
Herbicidas	635,48 b	593,88 b	587,10 b	605,93 b	497,61 b	480,87 b	473,72 b	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,64 c	1,87 c	2,18 c	2,45 c	3,05 c	3,44 c	4,07 c	3,87 c
Tratamento 6	3,20 a	3,47 a	3,48 a	3,85 a	4,89 a	5,21 a	5,27 a	5,37 a
Herbicidas	2,39 b	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 b	4,48 b	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Tabela 9 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 7 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (µm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	711,02 a	684,91 a	651,60 a	635,96 a	604,35 a	568,20 a	556,21 a	540,63 a
Tratamento 7	567,42 c	536,87 c	535,13 c	526,88 c	461,29 c	450,81 c	449,04 c	438,46 c
Herbicidas	635,48 b	593,88 b	587,10 b	605,93 b	497,61 b	480,87 b	473,72 b	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,64 c	1,87 c	2,18 c	2,45 c	3,05 c	3,44 c	4,07 c	3,87 c
Tratamento 7	3,12 a	3,53 a	3,55 a	3,75 a	4,54 a	4,87 a	5,02 a	5,20 a
Herbicidas	2,39 b	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 b	4,48 b	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Tabela 10 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 8 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	789,35 a	765,19 a	737,45 a	685,74 a	663,36 a	582,07 a	562,71 a	535,89 a
Tratamento 8	562,87 c	530,42 c	533,37 c	529,76 c	436,81 c	418,82 c	391,78 c	401,23 c
Herbicidas	635,48 b	593,88 b	587,10 b	605,93 b	497,61 b	480,87 b	473,72 b	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,35 c	1,50 c	1,71 c	2,04 b	2,68 b	3,64 c	4,39 c	4,55 c
Tratamento 8	1,94 b	2,35 b	2,42 b	2,53 a	4,09 a	4,84 a	5,31 a	5,61 a
Herbicidas	2,39 a	2,65 a	2,75 a	2,59 a	4,08 a	4,48 b	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 dos tratamentos 6, 7 e 8 de todos os ciclos na pressão de 5 bar, é possível notar que o DMV das caldas com os adjuvantes candidatos foi menor se comparado ao DMV da calda referência (Figuras 13, 14 e 15). Além disso, o V150 das caldas candidatas foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figuras 16, 17 e 18). Sendo assim, os adjuvantes candidatos a base de surfactantes e óleo não passaram nos critérios de aprovação propostos por Antuniassi *et al.* (2023).

Figura 13 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 6

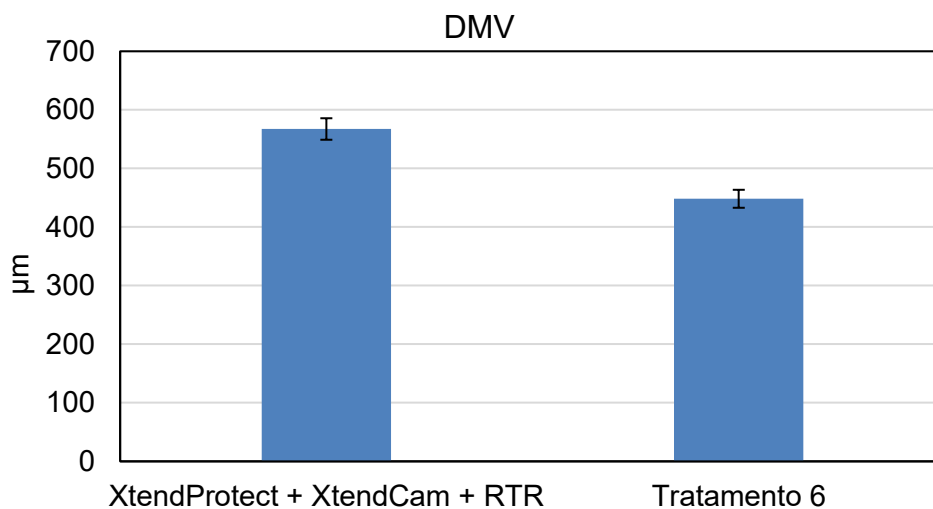


Figura 14 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 7

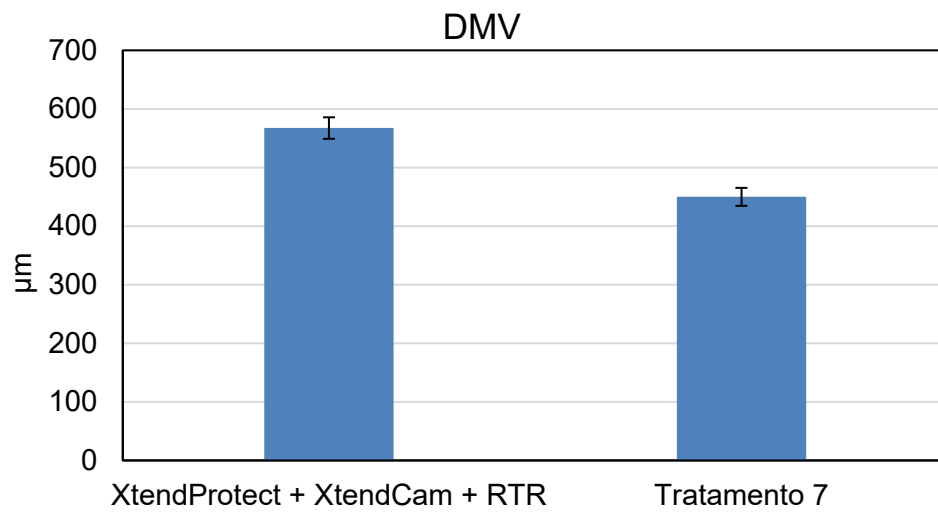


Figura 15 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 8

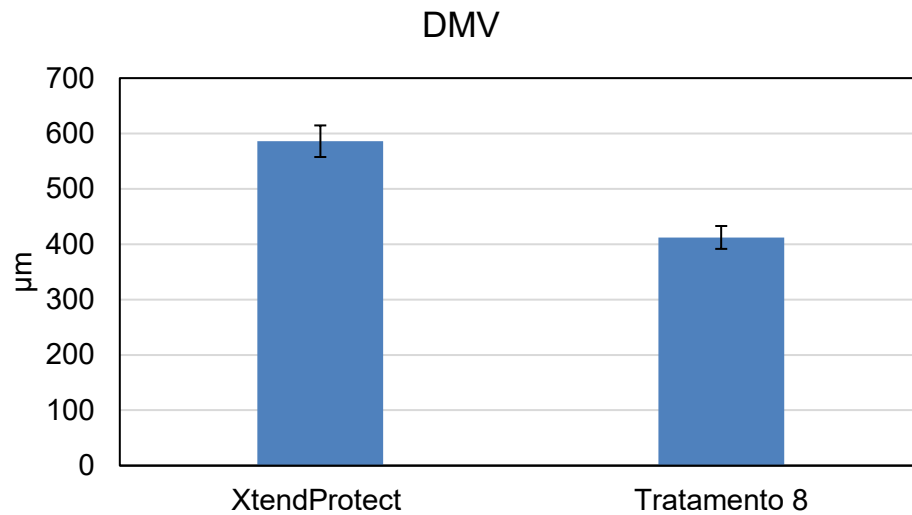


Figura 16 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 6

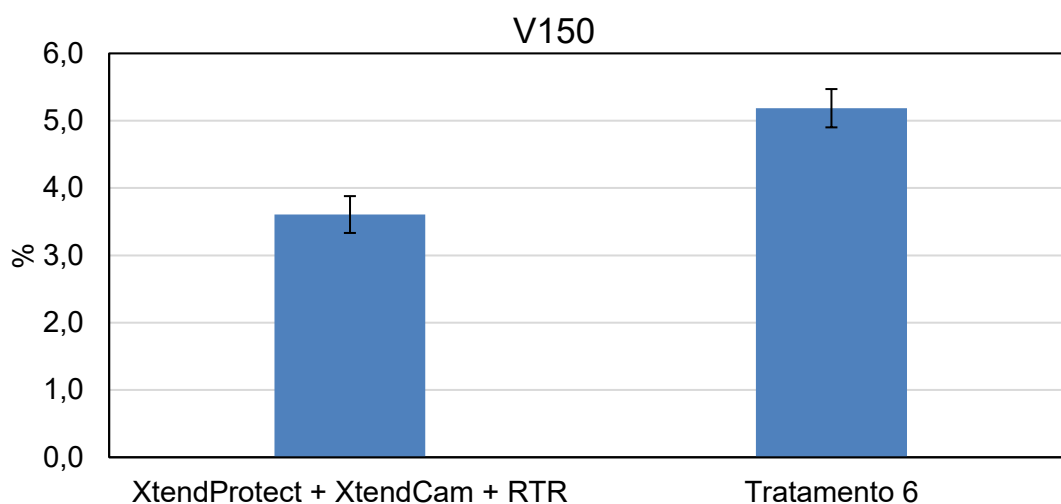


Figura 17 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 7

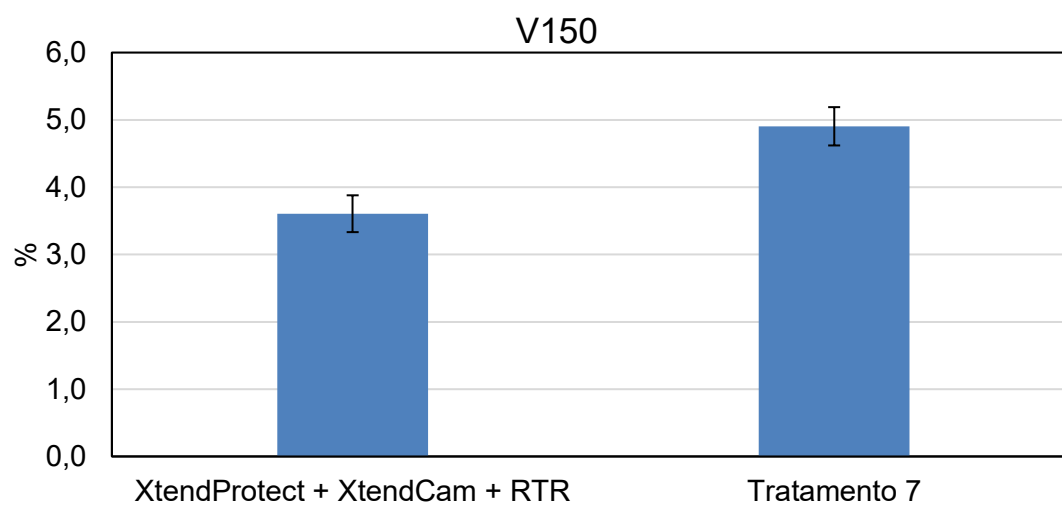
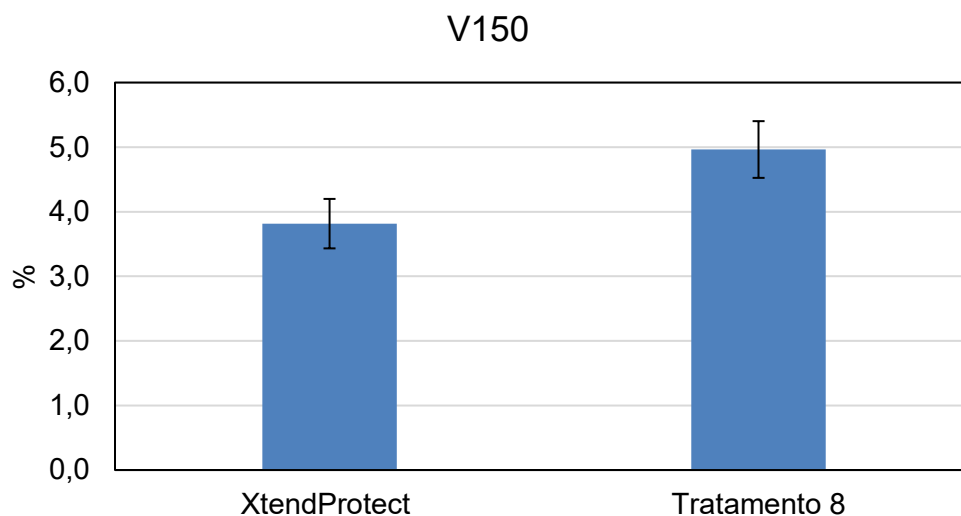


Figura 18 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 8



4.7 Tratamento 9

No tratamento 9, a calda com o XtendProtect obteve o maior DMV em todos os ciclos a 300 kPa de pressão (Tabela 11). Porém a 500 kPa, a calda com o polímero obteve DMV superior ao pulverizar sem bombeamento. Após 4 ciclos, houve uma tendência de aproximação dos valores entre as caldas. Porém, analisando o V150, na maioria dos cenários a calda referência obteve valores inferiores em comparação a calda com o adjuvante polímero 6, o que dificultou na validação como um adjuvante redutor de deriva.

Tabela 11 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 9 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	715,63 a	706,46 a	697,05 a	684,94 a	607,04 b	593,84 a	555,06 a	534,67 a
Tratamento 9	703,94 a	682,64 b	665,24 b	652,26 b	673,88 a	571,89 b	564,02 a	545,77 a
Herbicidas	635,48 b	593,88 c	587,10 c	605,93 c	497,61 c	480,87 c	473,72 b	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,56 b	1,74 c	1,62 c	1,96 c	3,38 c	3,53 c	3,73 c	4,54 b
Tratamento 9	2,46 a	3,28 a	3,53 a	3,69 a	3,58 b	5,53 a	4,54 b	4,36 b
Herbicidas	2,39 a	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 a	4,48 b	4,68 a	5,07 a

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 500 kPa, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante Polímero 6 foi estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 19). Além disso, o V150 da calda candidata foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 20). Sendo assim, o adjuvante testado a base de polímero não passou pelos critérios de aprovação.

Figura 19 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 9

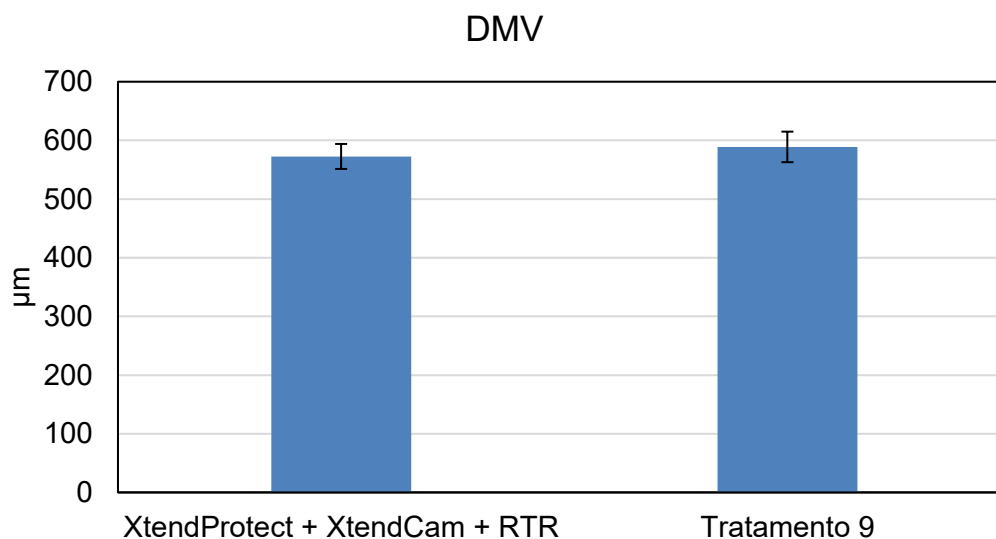
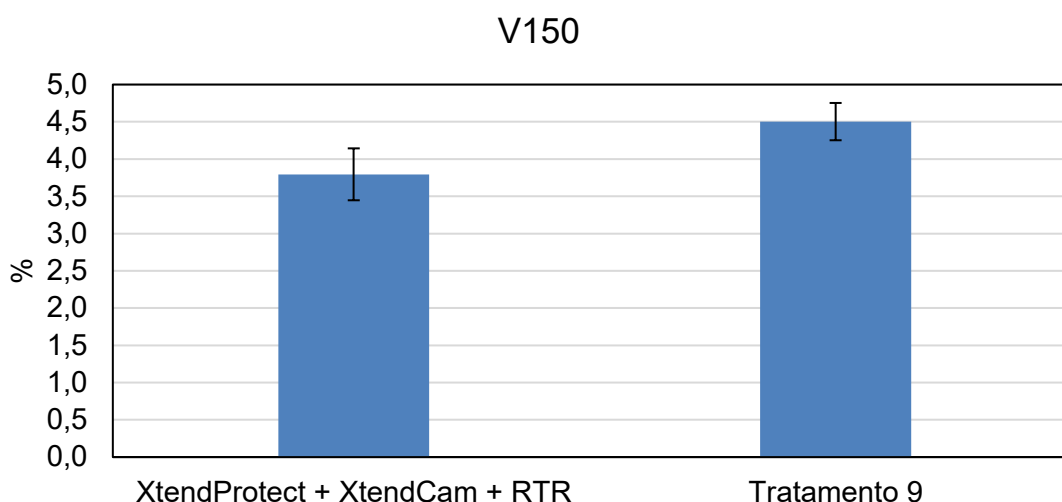


Figura 20 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 9



4.8 Tratamento 10

No tratamento 10, a calda referência com o XtendProtect, em sua maioria, apresentou maior valor de DMV e menor V150 comparada a calda com o adjuvante polímero 7 (Tabela 12).

Tabela 12 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 10 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	715,63 a	706,46 a	697,05 a	684,94 a	607,04 b	593,84 a	555,06 a	534,67 a
Tratamento 10	581,29 c	715,28 a	672,35 b	652,66 b	656,79 a	558,64 b	531,21 b	515,21 b
Herbicidas	635,48 b	593,88 b	587,10 c	605,93 c	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,56 c	1,74 c	1,62 c	1,96 c	3,38 c	3,53 c	3,73 c	4,54 c
Tratamento 10	2,70 a	2,99 a	3,39 a	3,83 a	3,59 b	5,62 a	5,44 a	5,37 a
Herbicidas	2,39 b	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 a	4,48 b	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 5 bar, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante Polímero 7 foi estatisticamente

igual ao DMV da calda referência (Figura 21). Porém, o V150 da calda candidata foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 22). Sendo assim, o adjuvante avaliado não foi aprovado segundo os critérios utilizados no presente trabalho.

Figura 21 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 10

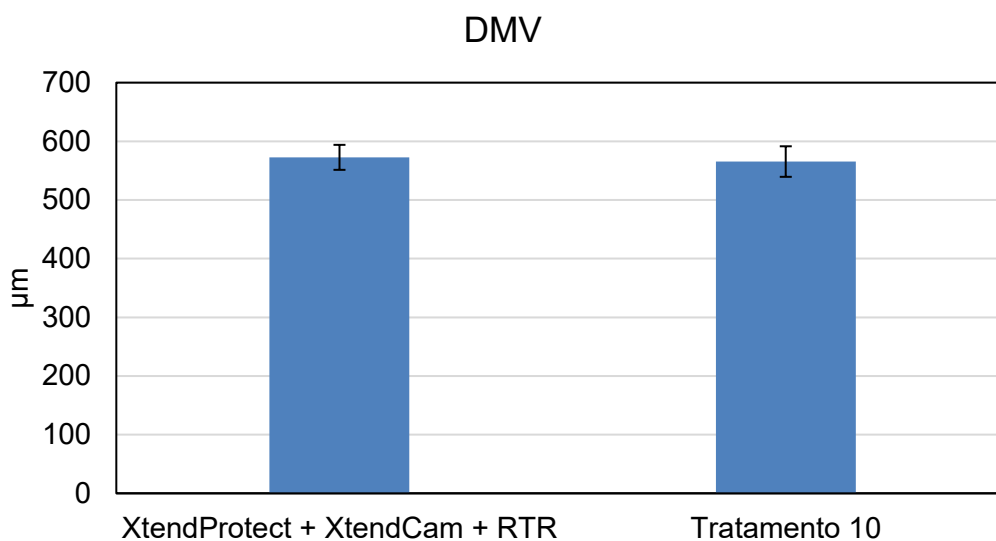
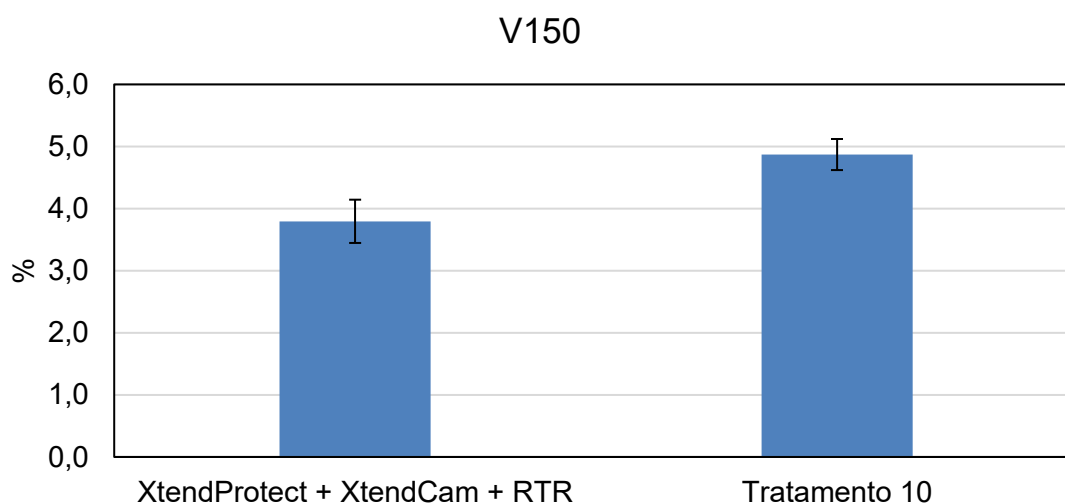


Figura 22 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 10



4.9 Tratamento 11

No tratamento 11, apesar do adjuvante referência se sobressair na maioria dos parâmetros estudados, com maior DMV e menor V150, o adjuvante candidato apresentou melhores resultados em comparação a calda somente com os herbicidas na pressão de 500 kPa e na pulverização após 16 ciclos (Tabela 13).

Tabela 13 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 11 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 3 bar e 5 bar

DMV (µm)								
Pressão	3				5			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	715,63 b	706,46 a	697,05 a	684,94 a	607,04 b	593,84 a	555,06 a	534,67 a
Tratamento 11	734,42 a	654,61 b	635,03 b	572,94 c	622,81 a	524,54 b	492,51 b	483,30 b
Herbicidas	635,48 c	593,88 c	587,10 c	605,93 b	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 c
V150 (%)								
Pressão	3				5			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,56 b	1,74 c	1,62 c	1,96 c	3,38 c	3,53 c	3,73 c	4,54 c
Tratamento 11	2,48 a	3,33 a	3,78 a	4,32 a	4,33 a	4,66 a	4,82 a	4,89 b
Herbicidas	2,39 a	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 b	4,48 b	4,68 b	5,07 a

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 500 kPa, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante com o polímero 8 foi estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 23). Além disso, o V150 da calda candidata foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 24). Sendo assim, o adjuvante candidato também não foi aprovado segundo os critérios de Antuniassi *et al.* (2023).

Figura 23 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 11

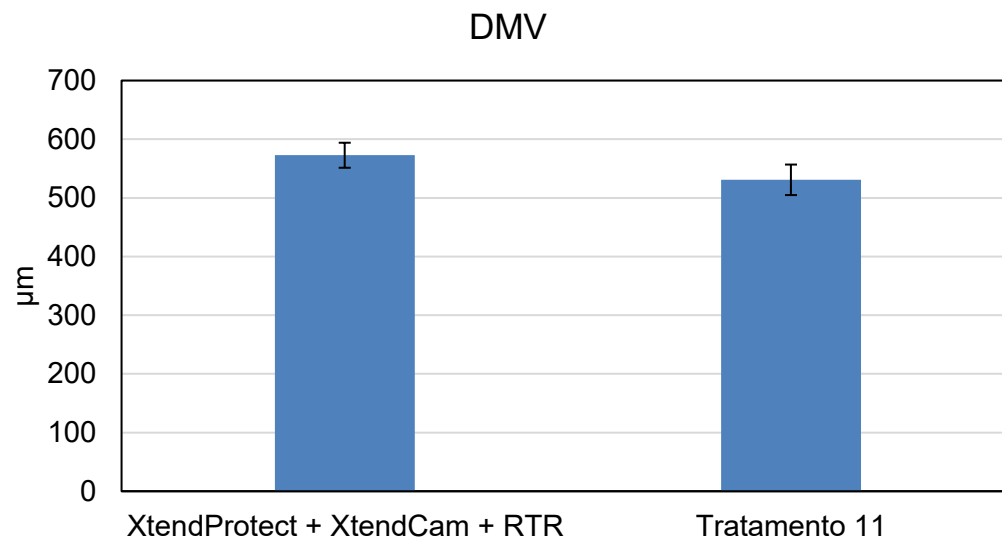
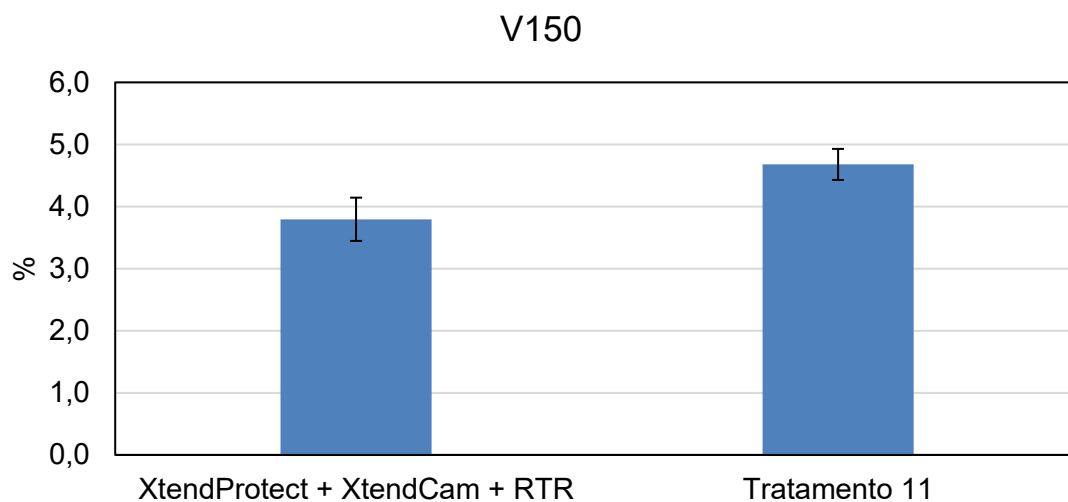


Figura 24 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 11



4.10 Tratamento 12

No tratamento 12, a calda referência com o XtendProtect, em sua maioria, apresentou maior valor de DMV e menor valor de V150 comparada a calda com o adjuvante 12 testado (Tabela 14).

Tabela 14 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 12 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	715,63 a	706,46 a	697,05 a	684,94 a	607,04 a	593,84 a	555,06 a	534,67 a
Tratamento 12	725,58 a	658,09 b	638,41 b	617,61 b	607,62 a	503,52 b	483,83 b	469,99 b
Herbicidas	635,48 b	593,88 c	587,10 c	605,93 c	497,61 b	480,87 c	473,72 c	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,56 b	1,74 c	1,62 c	1,96 c	3,38 c	3,53 c	3,73 c	4,54 b
Tratamento 12	2,34 a	3,38 a	3,69 a	3,84 a	4,55 a	4,82 a	4,99 a	5,19 a
Herbicidas	2,39 a	2,65 b	2,75 b	2,59 b	4,08 b	4,48 b	4,68 b	5,07 a

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos e das duas pressões trabalhadas, é possível notar que o DMV da calda com o adjuvante polímero 9 foi inferior ao DMV da calda referência (Figura 25). Além disso, o V150 da calda testada foi superior se comparado a calda com o adjuvante referência (Figura 26). Sendo assim, o adjuvante polímero 9 não foi aprovado segundo esses critérios.

Figura 25 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 12

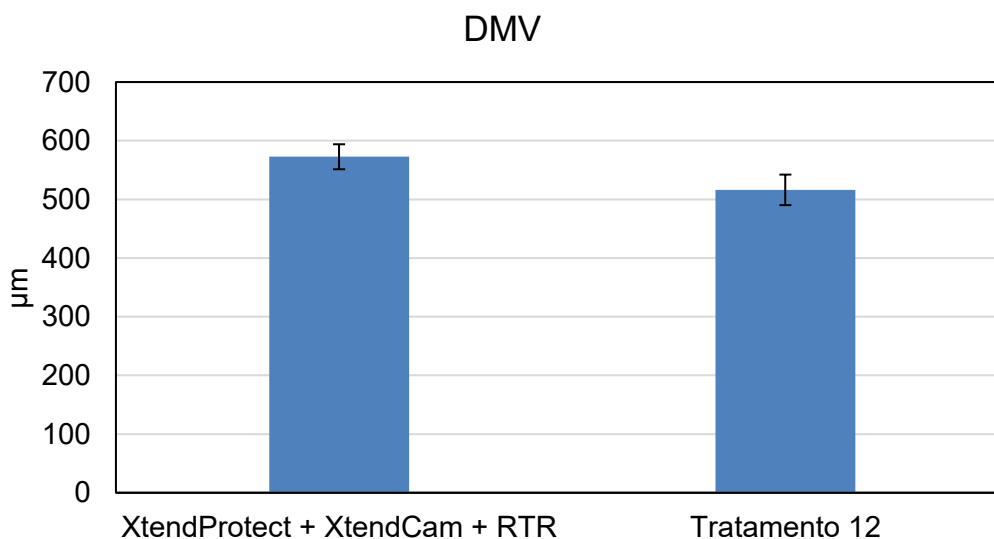
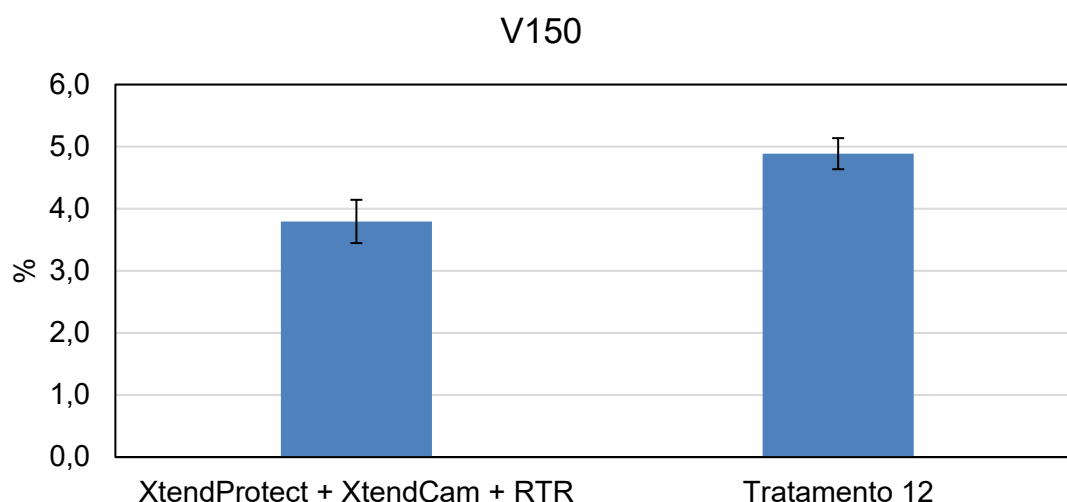


Figura 26 - Média do Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 12



4.11 Tratamento 13

No tratamento 13, a 300 kPa de pressão, não houve diferença de DMV entre os tratamentos do adjuvante referência e o adjuvante polímero 9 (Tabela 15). Porém, o DMV do adjuvante candidato reduziu conforme aumentou o número de ciclos, o que indica a influência da recirculação no processo de formação de gotas

Tabela 15 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 13 em diferentes ciclos de bombeamento na pressão de 300 kPa e 500 kPa

DMV (μm)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	701,80 a	688,33 a	667,57 a	655,46 a	575,57 b	560,52 b	542,56 a	535,22 a
Tratamento 13	704,18 a	699,04 a	671,16 a	643,03 a	685,40 a	538,37 a	484,31 b	464,26 b
Herbicidas	635,48 b	593,88 b	587,10 b	605,93 b	497,61 c	480,87 c	473,72 c	464,65 b
V150 (%)								
Pressão (kPa)	300				500			
Ciclo	0	4	10	16	0	4	10	16
XtendProtect	1,52 c	1,79 c	2,04 b	2,11 c	3,72 b	3,84 c	4,08 c	4,29 c
Tratamento 13	1,99 b	1,86 b	2,09 b	2,48 b	2,74 c	3,91 b	4,85 a	5,25 a
Herbicidas	2,39 a	2,65 a	2,75 a	2,59 a	4,08 a	4,48 a	4,68 b	5,07 b

*Letras distintas na coluna indicam diferença entre as médias de acordo com o IC 95%.

Portanto, ao unir os dados de DMV e V150 de todos os ciclos na pressão de 5 bar, é possível notar que o DMV das caldas com o adjuvante polímero 10 foi estatisticamente igual ao DMV da calda referência (Figura 27). Além disso, o V150 da calda candidata também foi estatisticamente igual ao V150 da calda com o adjuvante referência (Figura 28). Sendo assim, o adjuvante 13 testado foi aprovado segundo o protocolo.

Figura 27 - Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da calda referência e da calda do tratamento 13

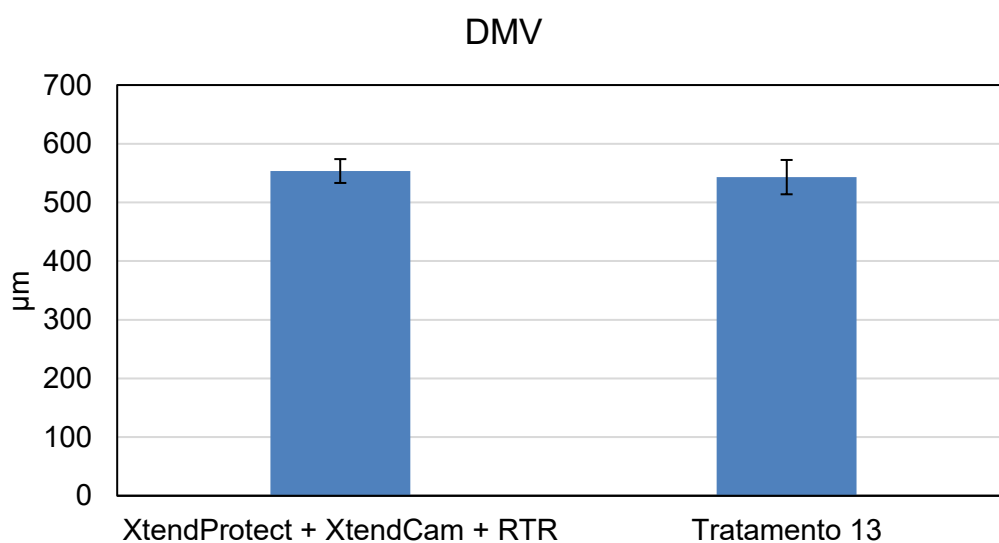
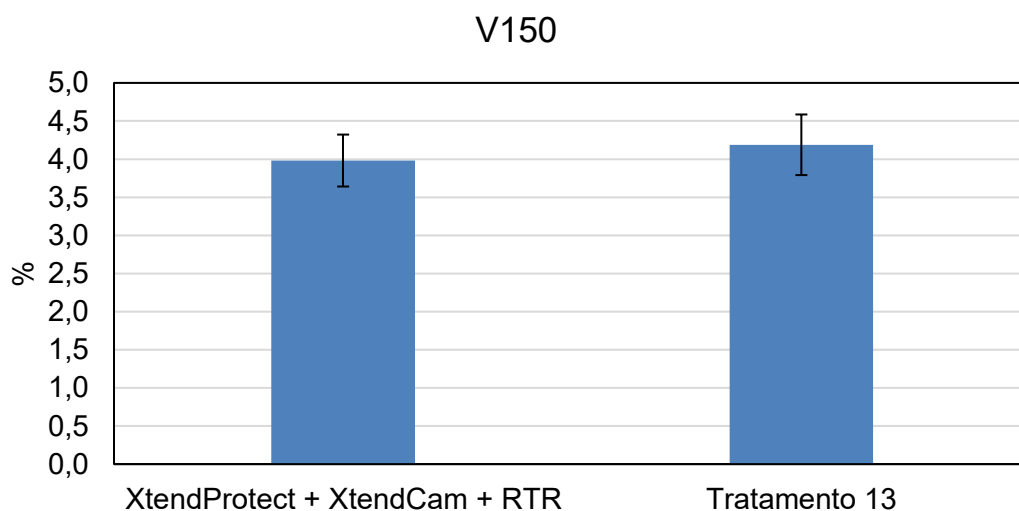


Figura 28 - Média do Percentual de gotas menores que 150 µm (V150) da calda referência e da calda do tratamento 13



4.12 Comparativo de aplicação após 16 ciclos

Ao comparar os resultados sem bombeamento e com o máximo de bombeamento, é possível perceber que há uma diferença grande de resultados. Ao observar os resultados de DMV e V150 com a pulverização sem bombeamento, nota-se que a grande maioria dos tratamentos seriam aprovados de acordo com o protocolo estudado no presente trabalho, tendo de forma simultânea um DMV maior e o V150 menor comparada a calda referência (Figura 29 e 30).

Figura 29 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da pulverização sem bombeamento a 500 kPa

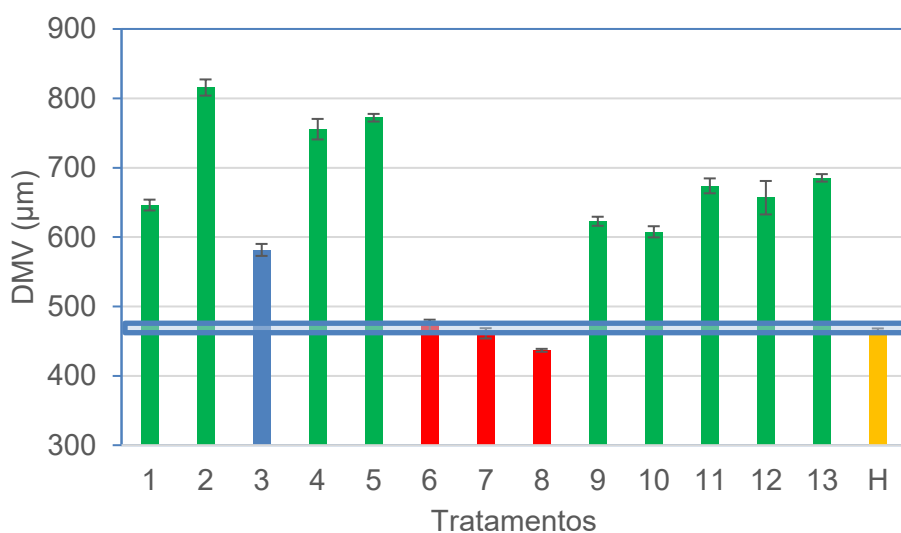
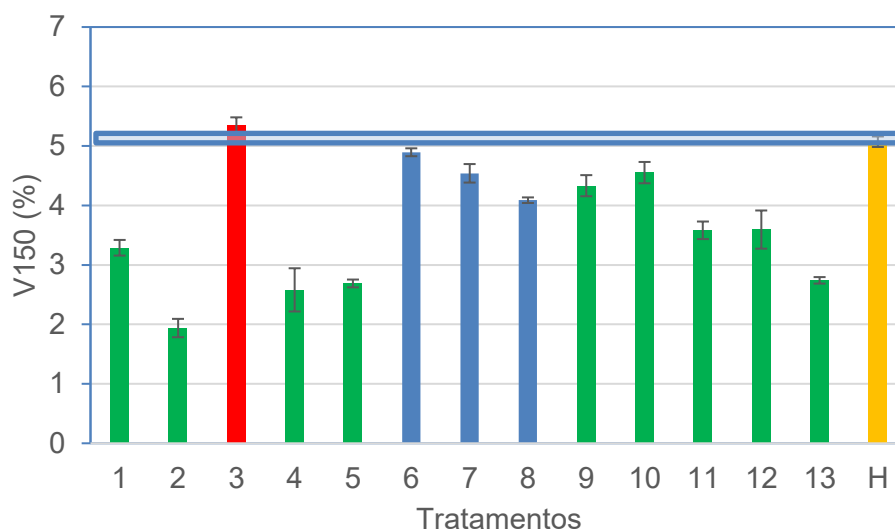


Figura 30 - Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da pulverização sem bombeamento a 500 kPa



Porém, ao analisar esses parâmetros isoladamente somente ao pulverizar após 16 ciclos, nota-se um resultado completamente diferente, com poucas caldas cumprindo os requisitos do protocolo, com maior ou igual DMV e menor ou igual V150 em comparação a calda de referência, sendo apenas os tratamentos 2, 9 e 11, sendo todos eles a base de polímeros (Figura 31 e 32).

Figura 31 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) da pulverização após 16 ciclos da bomba a 5 bar

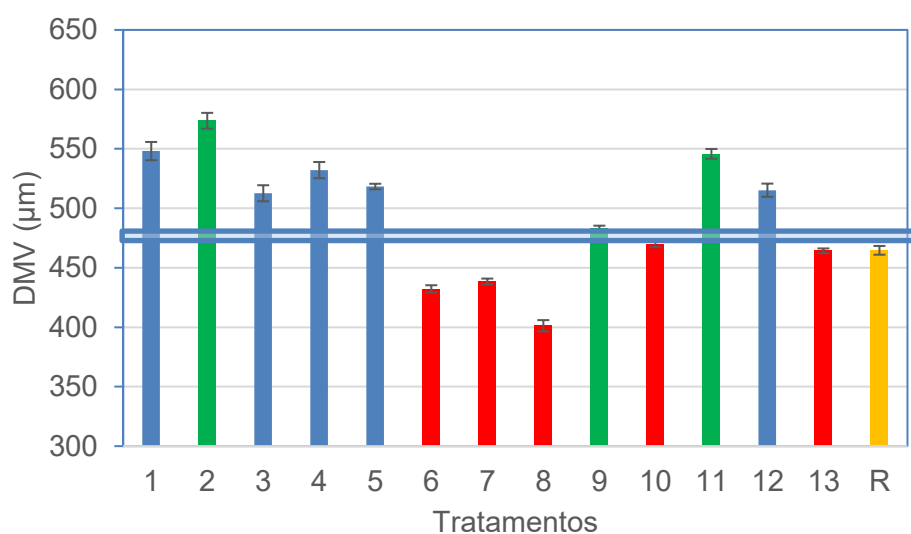
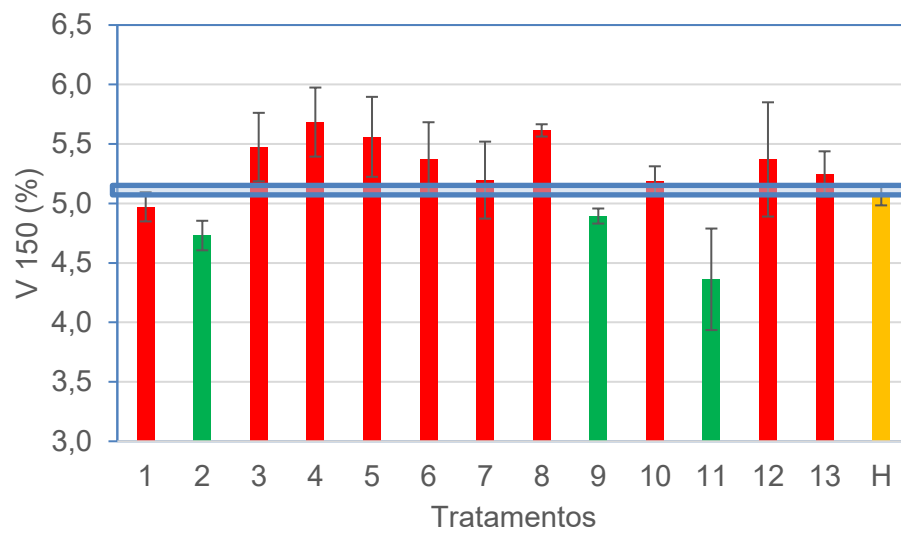


Figura 32 - Percentual de gotas menores que 150 μm (V150) da pulverização após 16 ciclos da bomba a 5 bar



5 DISCUSSÃO

O aumento de DMV está diretamente relacionado com redução de deriva que um adjuvante dessa característica pode oferecer (Katzman *et al.* 2021), sendo que os polímeros desempenham essa função de maneira cada vez mais comprovada (Alves *et al.* 2018). Assim como ocorreu no presente trabalho, com a adição dos adjuvantes, principalmente a base de polímeros, elevou o DMV das caldas em comparação as misturas apenas com herbicidas, principalmente na pulverização sem nenhum bombeamento.

Porém, o efeito do bombeamento influenciou essas características de DMV e V150, ao longo dos 16 ciclos e os resultados se apresentaram de maneiras diferentes, reduzindo de maneira significativa o DMV e o V150 das caldas com esses adjuvantes. Popescu *et al.* (2022) citam que o cisalhamento é a principal causa da redução de parâmetros como DMV após a calda passar pelo processo de bombeamento. Além da redução do DMV, o V150 também pode ser afetado por conta do cisalhamento (Antuniassi *et al.* 2022; Antuniassi *et al.* 2023). Então, a partir dessas avaliações, pode-se imaginar que o cenário de 16 ciclos da calda na bomba pode ser o pior cenário de pulverização ao pensar em avaliações de produtos que tem o objetivo de reduzir deriva.

No processo de bombeamento, a calda passa por diferentes pressões e cisalhamentos. Bombas centrífugas ou de pistão precisam superar a resistência ao escoamento da calda, o que pode estar diretamente relacionado à viscosidade da calda. A viscosidade está relacionada ao comportamento de escoamento do líquido e influencia a formação e o espectro de gotas durante a pulverização, o que afeta a cobertura, a deposição e o potencial de deriva (De Schamphelre *et al.*, 2009). Christofolletti (1999) destacou que, com o aumento da viscosidade, há um crescimento no diâmetro das gotas, pois as propriedades físicas da calda influenciam o processo de formação das gotas. Esse fenômeno leva a um maior consumo de energia, dificultando o cisalhamento do líquido e modificando o padrão do espectro de gotas gerado.

Adjuvantes a base de polímeros são frequentemente adicionados às caldas e modificam sua viscosidade e podem melhorar a performance da pulverização. Eles podem atuar em diversos componentes da calda, como espessantes, adesivos e até redutor de deriva, dependendo da sua estrutura química e concentração (Mcmullan,

2000). Além disso, eles podem melhorar a adesividade da calda às superfícies vegetais, reduzindo o escorrimento e aumentando o tempo de contato dos ingredientes ativos com os alvos biológicos.

No presente trabalho foi possível notar que ao adicionar os adjuvantes a base de polímero, melhorou os parâmetros de DMV e V150 comparado a calda sem adjuvante, somente com os herbicidas e sem sofrer o processo de recirculação. Porém, ao elevar a taxa para 16 ciclos, notou-se que houve uma redução considerável do DMV e V150, indicando que o processo de bombeamento pode influenciar nas características dos polímeros.

Caldas com polímeros geralmente apresentam comportamento não-newtoniano, ou seja, sua viscosidade varia em função da taxa de cisalhamento (Shah; Driscoll, 2024), processo que ocorre durante a recirculação da calda. O comportamento mais comum nesses sistemas é o pseudoplástico, no qual a viscosidade diminui à medida que a calda passa pelo processo de recirculação, o que pode ter influenciado na redução de DMV e elevação do V150 ao passar pelo processo de recirculação.

Como o DMV pode estar relacionado com o potencial de deriva de uma aplicação, de modo que quanto maior o DMV, menor é o potencial de deriva de uma aplicação (Oliveira *et al.* 2015), o potencial de deriva pode ser aumentado de acordo com o processo e a intensidade de ciclos de uma calda no processo de pulverização.

Além da associação com o DMV, gotas com diâmetros inferiores a 150 μm tem um elevado potencial de deriva (Matthews, 2008), havendo estudos que demonstram a forte correlação entre percentual do volume de gotas com diâmetro menor que 150 μm (V150) e a deriva (Chechetto, 2011; Oliveira; Antuniassi, 2012). Portanto, é importante nas pulverizações buscar condições que reduzam esse percentual, objetivando assegurar a segurança do processo.

Ao realizar aplicações com produtos sistêmicos, semelhantes aos produtos utilizados no estudo, o ideal é utilizar um espectro de gotas que gere gotas mais grossas, pois esses produtos necessitam de menor cobertura comparado aos produtos de contato e em contrapartida deve-se garantir a necessidade de priorizar o risco de deriva que esses produtos podem ocasionar (Antuniassi, 2009). Então, para esse tipo de aplicação, o ideal é que o DMV seja maior e conseqüentemente, o V150 seja o menor possível.

Então, a composição da calda aliada a quantidade e intensidade de ciclos no sistema de recirculação também se mostrou como um fator determinante para a

geração do DMV e V150, sendo que as caldas obtiveram valores muito diferentes de DMV e V150 ao sair de uma aplicação sem ciclos, para a aplicação após 16 ciclos da calda. Então, ao desenvolver um trabalho comparativo de composição de caldas que tem o objeto reduzir o potencial de deriva de uma pulverização, é essencial levar em consideração o sistema de agitação e recirculação da calda durante a pulverização.

6 CONCLUSÕES

Entre os 13 adjuvantes avaliados, 9 mostraram capacidade de apresentar DMV igual ou superior ao adjuvante referência sem passar pelo processo de bombeamento, porém, com o máximo de bombeamento, apenas três adjuvantes cumpriram com todos os requisitos do protocolo referência para esse trabalho, além de possuir DMV maior ou igual ao adjuvante referência, possuiu V150 menor ou igual. Ao unir todos os ciclos, apenas 2 adjuvantes apresentaram os requisitos mínimos para reduzir o potencial de deriva de uma pulverização

Por conta disso, o resultado que levou em consideração a recirculação e bombeamento da calda no processo de pulverização foi mais condizente com a realidade para esse tipo de trabalho, pois é o cenário que mais força a calda a efeitos que podem culminar em redução de DMV e aumento de V150 e consequente aumento do potencial de deriva. Se o fator do bombeamento não fosse levado em consideração ao medir o DMV e o V150, os resultados poderiam estar em desacordo com o que pode acontecer no campo.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S. *et al.* **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil.** Circular Técnica, n. 132, p. 1–12, 2017.
- ALBRECHT, L. P. *et al.* **Métodos de controle de plantas daninhas.** In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. (orgs.). *Matologia: estudos sobre plantas daninhas.* Jaboticabal: Editora Fábrica da Palavra, 2021. p. 145–169.
- ALVES, G. S.; KRUGER, G. R.; CUNHA, J. P. A. R. Spray drift and droplet spectrum from dicamba sprayed alone or mixed with adjuvants using air-induction nozzles. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 53, p. 693–702, 2018.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. ASABE S572.2: **Spray nozzle classification by droplet spectra.** St. Joseph, Michigan: ASABE, 2018.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. *Boletim de Pesquisa de Soja* 2009, Rondonópolis, n. 13, p. 299-315, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R. Pulverização com desempenho e menor impacto ambiental. *Visão Agrícola*, n. 9, p. 89-92, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Tecnologia de aplicação: definição e princípios básicos. In: ANTUNIASSI, U. R. *et al.* **Entendendo a tecnologia de aplicação.** Botucatu: FEPAF, 2017. p. 9-11.
- ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Effect of spray solution recirculation on the sprayer, caused by pumping, on the droplet spectra generated when spraying different solutions. In: McMULLAN, P. (ed.). **Pesticide formulation and delivery systems: 41st Volume, Formulation and application challenges of diverse agricultural agrochemicals.** West Conshohocken, PA: ASTM International, 2022. p. 11–23. Disponível em: <https://doi.org/10.1520/STP164120210066>.
- ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Research protocol for approval of drift-reducing adjuvants for Dicamba in Brazil. In: TURPIN, K. (ed.). **Pesticide formulation and delivery systems: 42nd Volume, Building the future of agrochemicals for 2030 and beyond.** West Conshohocken, PA: ASTM International, 2023. p. 49–60. Disponível em: <http://doi.org/10.1520/STP1651202300154>.
- BELTRÃO, N. D. M.; MELHORANÇA, A. L. **Plantas daninhas: importância e controle**, 1998.

BLAHOVEC, J. Rheology in agricultural products and foods. In: **Encyclopedia of Agrophysics**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 693–700.

BOTEON, B. F. **Sensibilidade de plantas cultivadas ao dicamba e 2, 4-D aplicados em doses comerciais e subdoses**. SBCPD, 2022.

CARDOSO, R. A. J. **Mistura de adjuvantes com herbicidas para controle de plantas daninhas e efeitos na tensão superficial e ângulo de contato**. 2022. TCC - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.

CARVALHO, F. K. **Influência de adjuvantes de calda no depósito e deriva em aplicações aéreas e terrestres**. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CARVALHO, F. K.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a tecnologia de aplicação: Caldas fitossanitárias e descontaminação de pulverizadores**. 2º ed. Botucatu (SP): FEPAF, 2022.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Boletim técnico: TeeJet South American, 5, 14 p., 1999.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2024/2025** – N. 7 – Sétimo levantamento. Brasília: Conab, 2025.

COSTA, N. V. *et al.* Tensão superficial e área de espalhamento de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Conyza canadensis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 161–170, 2014.

COSTA, E. M. **Deriva simulada de dicamba e 2,4-D: efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja recém-colhidas e armazenadas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2019.

COSTA, E. M. *et al.* Simulated drift of dicamba and 2,4-D on soybeans: effects of application dose and time. **Bioscience Journal** (Online), p. 857–864, 2020.

CUNHA, J.P.A.R.; RUAS, R.A.A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, p.61- 66, 2006.

da CUNHA, J. P.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 10-15, 2007.

DE AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. (Documentos, INFOTECA-E).

DE CARVALHO, S. J. P. *et al.* Fitotoxicidade de subdoses do herbicida dicamba quando aplicado em pré-emergência da cultura da soja não-tolerante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 2, p. 85–92, 2022.

DE MOURA CARNEIRO, R. **Controle químico de espécies do gênero Commelina**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Instituto de Tecnologia, 2021.

DE OLIVEIRA FREITAS, M. L. *et al.* Primeiro caso de resistência cruzada de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) a inibidores da ACCase no Estado do Paraná. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 23, n. 1, p. 23–32, 2024.

DE RUITER, H. Developments in adjuvant use for agrochemicals. **Mededelingen (Rijksuniversiteit Te Gent. Faculteit Van De Landbouwkundige En Toegepaste Biologische Wetenschappen)**, Groningen v. 67, n. 2, p. 19-25, 2002.

DE SCHAMPHELEIRE, M. *et al.* Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, v. 10, n. 5, p. 409–420, 2009.

DOWNER, R. A. *et al.* Characterizing the impact of drift management adjuvants on the dose transfer process. In: **Proceedings of Fourth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals**. Edited by R. E. Gaskin. Rotorua, New Zealand: New Zealand Forest Research Institute, p. 138-143, 1995.

EGAN, J. F.; MORTENSEN, D. A. Quantifying vapor drift of dicamba herbicides applied to soybean. **Environmental toxicology and chemistry**, 31(5), 1023-1031, 2012.

FEHNDRICH, S. P. **Avaliação do uso e da estabilidade físico-química de misturas de herbicidas em tanque**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa, 2021.

FERREIRA, P. H. C. M. **Controle eficiente de Buva por meio de pontas e taxas de aplicação de dicamba**. 2023. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2023.

GAZZIERO, D. L. P. *et al.* Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 28., 2012, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SBCPD, 2012. Trab. 733. 6 p.

GOMES, H. P. **Sistemas de bombeamento**. João Pessoa, Editora Universitária UFPB, 2009.

GRIFFIN, J. L. *et al.* Soybean response to dicamba applied at vegetative and reproductive growth stages. **Weed Technology**, v. 27, n. 4, p. 696-703, 2013.

HEAP, I. M. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. **Pesticide science**, v. 51, n. 3, p. 235-243, 1997.

HIKISHIMA, M. *et al.* Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 96-103, 2010.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Spray drift review: the extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, v. 44, n. 1, p. 75–83, 2013.

İTMEÇ, M. *et al.* Assessment of spray drift with various adjuvants in a wind tunnel. **Agronomy**, v. 12, n. 10, p. 2377, 2022.

JUHÁSZ, A. C. P. *et al.* Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

KATZMAN, D. *et al.* Does polyacrylamide-based adjuvant actually reduce primary drift of airborne pesticides? **Science of The Total Environment**, v. 775, p. 145816, 2021.

KOZLOWSKI, L. A. *et al.* Épocas e extensões do período de convivência das plantas daninhas interferindo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v. 27, p. 481-490, 2009.

LAMEGO, F. P. *et al.* Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, p. 433-442, 2013.

LEWIS, K.; JOHN, T. Development of a data set of pesticide dissipation rates in/on various plant matrices for the pesticide properties database (PPDB). **Data**, v. 2, n. 3, p. 28, 2017.

LIMA, D. D. *et al.* Eventos de soja transgênicas aprovadas pela CTNBio e cultivares inscritas no registro nacional de cultivar. **AGRIS - International System for Agricultural Science and Technology**. p. 206-208, 2023.

LOURENZEN, A. M. Análise da incompatibilidade física na associação de defensivos agrícolas. In: **XXVI SIC – Salão de Iniciação Científica**, 2015.

LU, Q.; PAL, R. Steady shear rheology and surface activity of polymer-surfactant mixtures. **Polymers**, v. 17, n. 3, 364, 2025.

MARTIN, A. **Physical pharmacy**. 4^a.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993.

MATTHEWS, G. A. **Application of pesticides to crops**. London: Imperial College Press, 2000. 325 p.

MCMULLAN, P. M. Utility adjuvants. **Weed Technology**, v. 14, p. 792–797, 2000. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0792:UA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0792:UA]2.0.CO;2).

MENDONÇA, C. G. D. *et al.* Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial e a área de molhamento de soluções de glyphosate sobre folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v. 17, p. 355–365, 1999.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 19, p. 67-74, 2001.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 134 f. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus Botucatu, 2011.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 1, p. 138-149, 2012.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. **Revista Energia na Agricultura, Botucatu**, v. 27, p. 138-149, 2012.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, M. A. Spray adjuvante characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 35, n. 1, p. 109-116, 2015.

OSIPE, J. *et al.* Espectro de controle de plantas daninhas com os herbicidas 2,4-D e dicamba associados ou não ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

OZKAN, H. E. *et al.* Effect of drift retardant chemicals on spray drift, droplet size and spray pattern. In: **Pesticide Formulations and Application Systems: 13th Volume**. ASTM International, 1993.

PEREIRA, L. S. *et al.* Controle de plantas daninhas tolerantes ao glifosato com 2, 4 de dicamba. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 22-28, 2020.

POPESCU, C. V. *et al.* Anti-drift technology: market, formulation, applying methods. **Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"**, v. 22, p. 581-588, 2022.

QUEIROZ, M. F. P. *et al.* Efeito de dois tipos de formulações no espectro de gotas de caldas de pulverização contendo herbicidas. In: **Congresso Brasileiro Da Ciência Das Plantas Daninhas**, 30., 2016, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFSC, v. 1, p. 110-111, 2016.

RAETANO, C. G.; BOLLER, W. Regulagens e calibração de pulverizadores. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**, v. 1, p. 91-124, 2019.

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

SANTANA, V. S. **Taxas de aplicação e associação de herbicidas dicamba e glifosato no controle de plantas daninhas**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

SANTOS, M. P. **Fitotoxicidade causada por deriva simulada do herbicida dicamba na cultura da soja**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

SHAH, P.; DRISCOLL, M. M. Drop impact dynamics of complex fluids: a review. **Soft Matter**, v. 20, n. 25, p. 4839–4858, 2024.

SHANER, D. L. (Ed.). Herbicide Handbook. 10. ed. Lawrence, KS: **Weed Sci Soc of Amer**, p. 139, 2014.

SILVA, A. F. *et al.* Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v. 26, p. 65-71, 2008.

SILVA, D. R. O. D. *et al.* Drift of 2, 4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. **Ciência Rural**, v. 48, e20180179, 2018.

SILVA, C. H. L. **Deriva simulada de dicamba na cultura do eucalipto**. Dissertação - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2020.

SINDIVEG. **O que você precisa saber sobre defensivos agrícolas**. São Paulo, SP, 2020. Disponível em: https://sindiveg.org.br/wpcontent/uploads/2020/08/SINDIVEG_Paper_REV_FINAL_2020_bxresolucao.pdf.

SPRICIGIO, H. *et al.* Horário de aplicação influencia a eficácia de dicamba e associações no controle de *Bidens pilosa*. **Acta Iguazu**, v. 10, n. 1, p. 47-58, 2021.

TANG, X.; DONG, J.; LI, X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 325, n. 1, p. 223–227, 2008.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TENÓRIO FILHO, L. C. J. *et al.* Eficiência do glifosato em associação com herbicidas inibidores da protox no controle de *Paspalum maritimum* Trind. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 295-306, 2023.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M. *et al.* **Weed control methods handbook: the nature conservancy**. Davis: TNC, 2003. p. 1-24.

ULGUIM, A. D. R. *et al.* Manejo de capim pé-de-galinha em lavouras de soja transgênica resistente ao glifosato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 17-24, 2013.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo, Brazil: Embrapa Trigo, 2006.

ZABKIEWICZ, J. A. A cleaner and greener New Zealand thanks to 2,4,5-T, science, and silicones. **Chemistry in New Zealand**, v. 72, n. 1, p. 8, 2008.

ZAMPIROLI, R. **Deriva simulada do herbicida dicamba em plantas de *Coffea arabica* L.** Tese de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

ZHU, H. *et al.* Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 67, n. 1, p. 35-45, 1997.