

RAQUEL BERNA MOREIRA

**ESPECTRO DE GOTAS E ÍNDICE DE DERIVA DE DIFERENTES PONTAS COM
INDUÇÃO DE AR NA PULVERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE DICAMBA COM
GLYPHOSATE**

Botucatu

2020

RAQUEL BERNA MOREIRA

**ESPECTRO DE GOTAS E ÍNDICE DE DERIVA DE DIFERENTES PONTAS COM
INDUÇÃO DE AR NA PULVERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE DICAMBA COM
GLYPHOSATE**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para a para obtenção do título de Doutora em Agronomia do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura), curso de Doutorado.

Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

Botucatu

2020

M838e Moreira, Raquel Berna
Espectro de gotas e índice de deriva de diferentes pontas com indução de ar na pulverização de associações de dicamba com glyphosate / Raquel Berna
Moreira. -- Botucatu, 2020
72 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

1. Defensivos vegetais - Tecnologia de Aplicação. 2. Pulverização e polvilhação na agricultura. 3. Produtos químicos agrícolas. 4. Herbicidas. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ESPECTRO DE GOTAS E ÍNDICE DE DERIVA DE DIFERENTES PONTAS COM INDUÇÃO DE AR NA PULVERIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE DICAMBA COM GLYPHOSATE

AUTORA: RAQUEL BERNA MOREIRA


ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

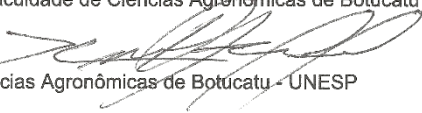
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB
Agronomia / Universidade Estadual de Londrina


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


Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 18 de fevereiro de 2020

RESUMO

Uma grande preocupação associada à introdução de culturas tolerantes a herbicidas auxínicos é o aumento do potencial de deriva durante o processo de pulverização destes herbicidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o risco de deriva na aplicação de caldas contendo a mistura de glyphosate sal potássico e dicamba sal diglicolamina (formulações incluindo ou não a tecnologia modificadora de pH denominada Vapor Grip®), considerando a interação com diferentes pontas com indução a ar. Foram delineados oito ensaios, quatro em esquema fatorial 5 x 2 e quatro foram delineados em esquema fatorial 4 x 2 (pontas de pulverização e caldas). O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi utilizado para comparação de médias, quando apropriado. Os oito ensaios corresponderam a combinação de duas concentrações dos produtos na calda equivalente a diluição dos herbicidas para 50 e 100 L ha⁻¹, dois tamanhos de orifícios das pontas ("ISO 02" e "ISO 04") e duas pressões (300 e 600 kPa). As pontas utilizadas foram modelos com indução a ar: TTI, AITTJ, AI e AIXR (TeeJet) e ULD (Hypro). As formulações de dicamba avaliadas foram o dicamba de sal diglicolamina (Bayer, Dicamax 480 g ae L⁻¹) e o dicamba de sal diglicolamina incluindo o redutor de volatilidade VaporGrip® (Bayer, XtendiMax com VaporGrip Technology, 350 g ae L⁻¹). Junto às formulações de dicamba foi adicionado em mistura o glyphosate de sal de potássio (Bayer, Roundup Transorb R 588 g ae L⁻¹). O espectro de gotas foi avaliado em tempo real por meio da técnica de análise por imagem Particle/Droplet Image Analysis e um índice de deriva física (ID) foi estimado por meio de um túnel de vento. Houve interação significativa entre as pontas e as caldas em todos os ensaios para o parâmetro do percentual de gotas menores ou iguais a 150 µm (V150). O uso do V150 mostrou-se necessário como fator para analisar o desempenho de uma técnica de redução de deriva. A ponta de pulverização TTI ofereceu o melhor desempenho dentro do conceito de redução do risco de deriva, considerando todos os parâmetros avaliados. É necessário aprofundar o estudo comparativo entre as formulações para que sejam geradas mais evidências de desempenho.

Palavras-chave: herbicidas; plantas daninhas; formulações; tecnologia de aplicação; pontas de pulverização.

ABSTRACT

A major concern associated with the introduction of crops tolerant to auxinic herbicides is the increased potential for drift during the spraying process of these herbicides. The objective of this work was to determine the risk of drift in the application of spray solutions containing a mixture of glyphosate potassium salt and dicamba salt diglycolamine (formulations including or not the pH modifying technology called Vapor Grip®), considering an interaction with different air-induction nozzle. Eight trials were designed, four in a 5 x 2 factorial scheme (spray nozzles and spray solutions) and four were designed in a 4 x 2 factorial scheme (spray nozzles and spray solutions). The Tukey test was performed to compare the averages, when appropriate. The eight tests corresponded to the combination of two concentrations of the products in the spray solution equivalent to the dilution of herbicides for 50 and 100 L ha⁻¹, two different nozzle orifice diameter ("ISO 02" and "ISO 04") and two pressures (300 and 600 kPa). The nozzles used were models with air induction: TTI, AITTJ, AI and AIXR (TeeJet) and ULD (Hypro). The dicamba formulations evaluated were the diglycolamine salt dicamba (Bayer, Dicamax 480 g ae L⁻¹) and the diglycolamine salt dicamba including the VaporGrip® volatility reducer (Bayer, XtendiMax with VaporGrip Technology, 350 g ae L⁻¹). The dicamba formulations was added to the mixture with potassium salt glyphosate (Bayer, Roundup Transorb R 588 g ae L⁻¹). The droplet spectrum was evaluated in real time using the image analysis technique Particle/Droplet Image Analysis and a physical drift index (ID) was estimated using a wind tunnel. Constant occurrence between the nozzle and the spray liquids in all tests for the parameter of the percentage of droplets smaller than 150 µm (V150). The use of V150 proved to be necessary as a factor to analyze the performance of a drift reduction technique. The TTI spray nozzle offers the best performance within the concept of reducing the risk of drift, considering all adopted parameters. It is necessary to deepen the comparative study between the formulations so that more evidence of performance is generated.

Keywords: herbicides; weeds; formulations; application technolog; spray tips.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Cultivares geneticamente modificados (GM).....	13
2.1.1	Histórico dos cultivares GM no Brasil e no mundo	13
2.1.2	Desafios e consequência da utilização dos cultivares GM.....	17
2.2	Dicamba.....	20
2.2.1	Histórico do herbicida dicamba.....	20
2.2.2	Desafios no manejo do herbicida dicamba.....	23
2.3	Tecnologias de aplicação para herbicidas.....	26
2.3.1	Definição e particularidades na aplicação de herbicidas.....	26
2.3.2	Técnica de Redução de Deriva (TRD).....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Local do experimento.....	29
3.2	Análise do espectro de gotas.....	29
3.3	Avaliação do índice de deriva.....	31
3.4	Ensaio e análises estatísticas.....	35
4	RESULTADOS.....	38
4.1	Pontas de vazão ISO 02.....	38
4.1.1	Ensaio 1: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹.....	38
4.1.2	Ensaio 2: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹.....	39
4.1.3	Ensaio 3: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹.....	40
4.1.4	Ensaio 4: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹.....	42
4.2	Pontas de vazão ISO 04.....	44

4.2.1	Ensaio 5: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha ⁻¹	44
4.2.2	Ensaio 6: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha ⁻¹	47
4.2.3	Ensaio 7: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha ⁻¹	50
4.2.4	Ensaio 8: Pulverização com pressão de a 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha ⁻¹	52
5	DISCUSSÃO.....	55
6	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, esforços de entidades relacionadas ao agronegócio foram direcionados para o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas (GM). Uma das características das culturas GM que levou ao grande interesse dos agricultores é a tolerância a herbicidas, como o glyphosate. Porém, após 20 anos do uso desta tecnologia com aplicações sequenciais do herbicida, ocorreram seleções naturais de populações de plantas daninhas resistentes ao glyphosate.

A dificuldade no controle destas plantas daninhas resistentes impulsionou pesquisas de desenvolvimento da próxima geração de culturas resistentes à múltiplos herbicidas, como os auxínicos 2,4-D e o dicamba. Estes herbicidas se caracterizam por serem seletivos para o controle de espécies de plantas dicotiledôneas, embora quando associados a herbicidas não seletivos, como o glyphosate, permitem uma aplicação de maior espectro de controle.

Um problema frequente em discussões entre os setores responsáveis pela produção agrícola é o aumento no potencial de prejuízos ocorridos pela deriva de herbicidas auxínicos, pois os sintomas causados podem ocorrer mesmo quando a deposição da deriva representa doses muito baixas. Portanto, a possibilidade da produção de culturas tolerantes à diferentes herbicidas convivendo em um mesmo ambiente com as não tolerantes potencializa o risco de perdas por deriva.

Nos próximos anos estarão inseridos na produção brasileira alguns cultivares GM com tolerâncias a diferentes herbicidas, e existe um consenso entre as empresas fornecedoras desta tecnologia, órgãos de pesquisas e da academia, sobre a importância do conhecimento das características específicas no manejo de cada cultivar, buscando evitar erros.

A soja tolerante ao herbicida dicamba (ácido 3,6 dicloro-2-metoxibenzóico) já é comercializada nos Estados Unidos, enquanto no Brasil existe a perspectiva de comercialização de cultivares de soja tolerante a dicamba para o ano de 2021. O uso da tecnologia de cultivares tolerantes a herbicidas é uma importante ferramenta para diversificar o modo de ação no controle de plantas daninhas, no entanto, deverá ser utilizada de maneira correta para que se mantenha em uso. Nos EUA, problemas de injúrias causadas pelo herbicida dicamba em culturas não-alvo foram relatados com frequência após a comercialização dos cultivares resistentes a este herbicida.

Diferentes razões foram relatadas para justificar o mau uso do herbicida, uma das razões seria o potencial de volatilização do herbicida durante e após as aplicações.

Desde a descoberta da molécula de dicamba buscaram-se introduzir nas formulações diferentes tipos de sais, com a intenção de diminuir sua volatilidade. Por esta razão, nos últimos anos novas formulações de dicamba foram registradas para uso em culturas tolerantes ao herbicida. Como exemplo, a empresa Monsanto (hoje Bayer) modificou a formulação do herbicida dicamba com o sal diglicolamina (DGA) e incluiu um modificador de pH, denominado VaporGrip®, obtendo assim, uma nova formulação de dicamba de baixa volatilidade.

Independentemente do tipo de formulação, a tecnologia de aplicação deve ser utilizada com segurança e eficiência. A pulverização do herbicida auxinico dicamba demanda o uso de ferramentas que visem reduzir o potencial de deriva para culturas não-alvo. Exemplos de escolhas adequadas são os modelos de pontas com indução de ar, o volume de aplicação adequado e as pressões menores, fatores que reduzem a quantidade de gotas mais propensas à deriva na pulverização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o risco de deriva na aplicação de caldas contendo a mistura de glyphosate sal potássico e dicamba sal diglicolamina (formulações incluindo ou não a tecnologia modificadora de pH denominada Vapor Grip®), considerando a interação com diferentes pontas com indução de ar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTIVARES GENETICAMENTE MODIFICADOS (GM).

2.1.1 Histórico dos cultivares GM no Brasil e no mundo.

A agricultura convive com plantas geneticamente modificadas há mais de 30 anos. A primeira planta com a alteração genética de forma artificial com o intuito de aperfeiçoar o uso agrícola foi o tabaco, no ano de 1983. O objetivo era proporcionar a resistência do tabaco a certos tipos de herbicidas, para facilitar o manejo de plantas daninhas. Em 1986 a França e os Estados Unidos foram os pioneiros a testar em maior escala, cultivares de tabaco GM no campo (LEMAUX, 2008; JAMES, 1997).

Em 1987 a engenharia genética seguiu avançando e começou a introduzir genes que produziam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* (BT) também na cultura do tabaco, conferindo-lhe resistência a insetos (BEVAN et al., 1983).

Embora os primeiros testes e pesquisas tenham ocorrido em países da Europa e nos EUA, a China em 1992 foi quem iniciou a comercialização destes cultivares, também conhecido como “plantas transgênicas”. Após dois anos do início da comercialização foi a vez da Europa em 1994 e em 1996 nos EUA. A partir de então, a expansão de diferentes culturas GM foi contínua, avançando para outros seis países além da União Europeia (JAMES, 1997).

Segundo Brookes e Barfoot (2017) a introdução dos cultivares transgênicos no Brasil iniciou provavelmente no ano de 1997 com o plantio de soja tolerante ao herbicida glyphosate para a produção de grãos. Porém, o cultivo da Soja transgênica no Brasil foi aprovado e oficialmente liberado apenas na safra de 2005/2006. Outro fato reconhecido é a introdução ilegal a partir do ano 2000 no estado do Rio Grande do Sul (ADEGAS et al., 2017).

A segunda cultura GM a ser introduzida na agricultura brasileira foi o algodão (2005) e mais tarde o milho (2007). Com o mercado para transgênicos consolidado, as culturas transgênicas eram plantadas em grande escala por diversos países. No Brasil em 2015 a área plantada de soja transgênica chegou a 94% do total de áreas de soja no país.

O International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) é uma organização internacional sem fins lucrativos que compartilha as informações baseadas em ciência e tecnologia sobre organismos geneticamente modificados.

Anualmente, esta organização é responsável pelo levantamento de dados que representem o desenvolvimento da utilização das plantas GM no mundo. Segundo o levantamento global das Culturas Comercializadas de Biotecnologia / GM até 2018 estes cultivares participam da produção ou importação em 70 países, 26 países plantando e 44 importando (ISAAA, 2018).

De acordo com o mesmo relatório, ISAAA Brief 54, em 2018 a América Latina foi responsável por 79,4 milhões de hectares de diferentes culturas biotecnológicas, distribuídos em 10 países, incluindo o Brasil. O Brasil plantou em 2018 a segunda maior área do mundo de culturas geneticamente modificadas, com 51,3 milhões de hectares, perdendo apenas para os EUA. A área total de 26 países produtores de cultivares transgênicos em 2018 foi de 191,7 milhões de hectares, com 1,9 milhão de hectares a mais que o ano de 2017.

A área de cultivares biotecnológicos no Brasil é predominantemente composta pela cultura da soja com 34,86 milhões de hectares, seguido de milho (verão + inverno) com 15,38 milhões de hectares e algodão com um milhão de hectares. O início do plantio de cana-de-açúcar geneticamente modificada foi em 2018 em um total de 400 hectares (ISAAA, 2018).

Entre as diferentes características atribuídas a culturas GM, mais de 50% apresentam tolerância a herbicidas, e a outra metade se divide entre resistência a insetos e a outros cultivares que possuem a associação destas duas características.

A ISAAA apresenta também os eventos de biotecnologia / GM que foram aprovados para comercialização / plantio e importação (alimentos e rações). As entradas no banco de dados representam a maioria dos eventos GM aprovados em todo o mundo, com base em documentos de decisão em inglês disponíveis ao público de cada país aprovador, na Câmara de Biossegurança da Convenção sobre Diversidade Biológica e em artigos acadêmicos revisados.

O Quadro 1 apresenta os eventos de soja transgênica autorizados no Brasil com a característica de tolerância a herbicidas e/ou herbicida mais inseticida.

Quadro 1. Eventos de biotecnologia / GM autorizados no Brasil com tolerância a herbicidas para cultura da soja (dados atualizados até dezembro de 2019).

Eventos	Desenvolvedor	Nome comercial	Tolerância
A2704-12	Basf	Liberty Link® soybean	Herbicida glufosinate
A5547-127	Bayer CropScience	Liberty Link® soybean	Herbicida glufosinate
CV127	Basf	Cultivance	Herbicida sulfonilurea
DAS44406-6	Dow AgroSciences LLC	Não disponível	Herbicidas glufosinate, glyphosate e 2,4-D
DAS68416-4	Dow AgroSciences LLC	Enlist™ Soybean	Herbicida glufosinate e 2,4-D
DAS81419 x DAS44406	Dow AgroSciences LLC	Conkesta Enlist E3™ Soybean	Herbicida glufosinate, glyphosate, 2,4-D e tolerância inseticida para Lepidoptera
DP305423 x GTS 40-3-2	DuPont	Não disponível	Herbicida glyphosate, sulfonilurea e óleo modificado / ácido graxo
FG72 (FGØ72-2, FGØ72-3)	Basf	Não disponível	Herbicida glyphosate e Isoxaflutole
FG72 x A5547-127	Bayer CropScience	Liberty Link® GT27™	Herbicida glufosinate, glyphosate e Isoxaflutole
GTS 40-3-2 (40-3-2)	Monsanto Company	Roundup Ready™ soybean	Herbicida glyphosate
HB4 x GTS 40-3-2	INDEAR	Não disponível	Herbicida glyphosate e tolerância ao estresse de seca
MON87701 x MON89788	Monsanto Company	Intacta™ Roundup Ready™ 2 Pro	Herbicida glyphosate e tolerância inseticida para Lepidoptera
MON87708	Monsanto Company	Genuity® Roundup Ready™ 2 Xtend™	Herbicida glyphosate e dicamba
MON87708 x MON89788	Monsanto Company	Não disponível	Herbicida glyphosate e dicamba
MON87751 x MON87701 x MON87708 x MON89788	Monsanto Company	Não disponível	Herbicida glyphosate, dicamba e tolerância inseticida para Lepidoptera

Fonte: ISAAA's GM Approval Database (2020).

Antes da introdução dos cultivares GM, o controle de plantas daninhas dependia do uso de diferentes herbicidas para controlar plantas com folhas largas e folhas estreitas, e as aplicações ocorriam em maior quantidade. Portanto, o objetivo de reduzir custos, facilitou a adesão desta tecnologia no campo.

Brookes e Barfoot (2017) concluíram que entre o período de 2003 e 2015, a economia média nos custos com as aplicações ficou de US \$ 20 / ha até US \$ 81 / ha. Para o Brasil que é um país tropical, com duas safras anuais, estes valores são ainda mais relevantes, pois estas condições favorecem o desenvolvimento de plantas daninhas e o custo médio de controle no Brasil é maior comparado a países como o EUA.

Em diversos países entre o ano de 1996 e 2015 foram coletados dados sobre o desenvolvimento dos cultivares GM, comparando-os a cultivares convencionais em relação aos aspectos socioeconômicos e impacto ambiental. Para esta análise em nível global, foi utilizado o método do Quociente de Impacto Ambiental (EIQ), desenvolvido na Universidade de Cornell por Kovach et al., (1992). Este estudo relatou que entre as diferentes classes de cultivares GM (Soja, milho e algodão) foram reduzidos 16,6% no consumo de produtos fitossanitários (Ingrediente Ativo) e 21,7% menos em unidades de EQI/ha (impacto ambiental), quando comparado aos cultivares convencionais (BROOKES e BARFOOT, 2017).

Países com grandes áreas agrícolas como EUA, Argentina, Canadá, Índia e o Brasil, mostram preferência aos cultivares GM com o avanço de áreas plantadas chegando a níveis próximos de 100% no ano de 2018, após somente 22 anos da chegada destes cultivares ao mercado (ISAAA, 2018).

A escolha do cultivar que atenda a necessidade dos produtores de soja é essencial para o sucesso da safra. Nos EUA existem várias opções em tecnologia de soja tolerante a herbicida, e podem chegar até 7 características diferentes.

O Brasil nos próximos anos irá comercializar as sojas Enlist™ e Xtend® e em seguida o algodão, que foram projetados para fornecer resistência à auxina sintética do grupo 4 de herbicidas, o 2,4-D e o dicamba, respectivamente. Esta característica concede maior facilidade de controle pós-emergente de folhas largas e plantas daninhas que desenvolveram a resistência a outros mecanismos de ação (JOHNSON et al., 2010; PETERSON et al., 2009; SIMPSON et al., 2009; HEAP 2018).

Esta tecnologia, que complementa a tolerância ao glyphosate, é atualmente comercializadas nos EUA em grande escala. Embora não tenha registro para

comercialização no Brasil a incorporação da tolerância ao dicamba nas plantas é considerada um potencial de introduzir novos modos de ação nesses sistemas de cultivo a mais de 20 anos (SUBRAMANIAN et al., 1997).

Em 2020 os produtores de soja dos EUA, com restrições em alguns estados, terão como opção cultivares de soja com tolerância a glyphosate, dicamba, glufosinate, 2.4D e sulfonilurea.

As indústrias responsáveis pelos cultivares Enlist™ e Xtend® já caminham para a terceira geração de cultivares resistentes, sendo o cultivar XtendFlex tolerante ao glyphosate, dicamba e glufosinate e Enlist E3 tolerante a glyphosate, 2.4D e glufosinate, pertencentes a Bayer e a Corteva respectivamente (EMILY, 2018).

Para o futuro próximo deve-se obter a segunda geração da Tecnologia LibertyLink (BASF) que além da tolerância ao glufosinate será acrescido a tolerância ao glyphosate e mais um herbicida ainda não registrado com modo de ação HPPD, porém terá ressalvas quanto ao uso com específicos herbicidas (EMILY, 2018).

A Basf, em conjunto com a EMBRAPA no Brasil, desenvolveu o Sistema de Produção Cultivance com tolerância ao herbicida de amplo espectro de ação da família das imidazolinonas (LINO, 2010).

Novas alternativas de cultivos resistentes a herbicidas possibilitam a diversificação e rotação de mecanismos de ação no controle de plantas daninhas, diferente do que ocorre hoje no Brasil com grande pressão de aplicações em sistemas somente com glyphosate.

2.1.2 Desafios e consequências da utilização dos cultivares GM

Cultivares geneticamente modificados são ferramentas tecnológicas que permitem facilidades de manejo no controle de plantas daninhas e insetos. Owen (2000) afirma que os sistemas agrícolas passaram por mudanças fundamentais após a introdução dos cultivares GM. Entretanto, o uso de cultivares resistentes ao glyphosate proporcionou o aumento de aplicações de um único herbicida, favorecendo a seleção natural de plantas daninhas tolerantes a este herbicida (OWEN, 2000; POWLES e PRESTON, 2006).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas produz impactos negativos ao sistema, difíceis de serem corrigidos. O Brasil passou por um primeiro ciclo de plantas

daninhas resistentes a herbicidas inibidores da ALS e ACCase durante o período de 1993 e 2000, por consequência do uso constante do mesmo mecanismo de ação para o controle de plantas daninhas.

Com a chegada da soja tolerante a um herbicida não seletivo, os produtores encontraram a solução para o controle das plantas daninhas resistentes neste primeiro ciclo (ADEGAS et al., 2017).

A adoção deste sistema resultou em novamente o uso intenso do mesmo mecanismo de ação de um único herbicida, o glyphosate, criando uma dependência excessiva que resultou no segundo ciclo de plantas daninhas resistentes no Brasil com mais oito espécies de plantas resistentes a partir do ano de 2003 (ADEGAS et al., 2017; HEAP 2018).

De acordo com o Heap (2013), a partir do ano de 2000 foram relatadas plantas daninhas resistentes ao glyphosato em 16 estados dos EUA, e outros estados do Brasil, da China, da Espanha e da República Tcheca. Atualmente 28 países relataram resistência ao glyphosate em várias espécies de plantas daninhas (HEAP, 2018).

O Quadro 2 descreve os 30 casos de plantas daninhas e seus respectivos mecanismos de ação que apresentam resistência no Brasil na cultura da soja, desde o ano de 1993 até 2020. Durante este mesmo período nota-se que não houve relatos de plantas daninhas resistentes ao dicamba no Brasil e por este motivo ele se posiciona como mais uma ferramenta para o controle de plantas daninhas resistentes a outros herbicidas.

Com novas alternativas de sojas transgênicas, o produtor dispõe de diversificadas ferramentas para auxílio no controle de plantas daninhas resistentes. O avanço de plantas daninhas resistentes no Brasil foi facilitado através da entrada dos cultivares GM de forma ilegal, possibilitando que fosse cultivada sem o devido acompanhamento técnico. O potencial de comercialização de novos cultivares GM no Brasil deverá ser uma oportunidade de não repetir os erros cometidos e buscar a eficácia e longevidade destas ferramentas na agricultura.

Quadro 2 – Registro brasileiro durante o período de 1993 e 2020 de espécies de plantas daninhas resistentes, modo de ação e ingrediente ativo, relatados para a cultura da soja.

Ano	Espécies	Modo de ação	Ingrediente Ativo
1	1993 <i>Bidens pilosa</i>	ALS inhibitors (B/2)	imazethapyr, imazaquin, pyriithiobac-sodium, chlorimuron-ethyl, nicosulfuron
2	1993 <i>Euphorbia heterophylla</i>	ALS inhibitors (B/2)	imazethapyr, imazaquin, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, imazamox
3	1996 <i>Bidens subalternans</i>	ALS inhibitors (B/2)	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, nicosulfuron
4	1997 <i>Urochloa plantaginea</i> (= <i>Brachiaria plantaginea</i>)	ACCcase inhibitors (A/1)	haloxyfop-methyl, diclofop-methyl, fluazifop-P-butyl, propaquizafop, quizalofop-P-ethyl, fenoxaprop-P-ethyl, sethoxydim, butroxydim
5	2002 <i>Digitaria ciliaris</i>	ACCcase inhibitors (A/1)	haloxyfop-methyl, cyhalofop-butyl, fluazifop-P-butyl, propaquizafop, fenoxaprop-P-ethyl, sethoxydim
6	2003 <i>Eleusine indica</i>	ACCcase inhibitors (A/1)	cyhalofop-butyl, fenoxaprop-P-ethyl, sethoxydim
7	2003 <i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
8	2004 <i>Euphorbia heterophylla</i>	ALS inhibitors (B/2), PPO inhibitors (E/14)	imazethapyr, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, diclosulam, flumetsulam, cloransulam-methyl, fomesafen, lactofen, acifluorfen-sodium, flumiclorac-pentyl, saflufenacil
9	2004 <i>Parthenium hysterophorus</i>	ALS inhibitors (B/2)	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, iodosulfuron-methyl-sodium, foramsulfuron
10	2005 <i>Conyza bonariensis</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
11	2005 <i>Conyza canadensis</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
12	2008 <i>Digitaria insularis</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
13	2010 <i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	ACCcase inhibitors (A/1), EPSP synthase inhibitors (G/9)	clethodim, glyphosate
14	2010 <i>Conyza sumatrensis</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate

15	2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	ALS inhibitors (B/2)	chlorimuron-ethyl
16	2011	<i>Conyza sumatrensis</i>	ALS inhibitors (B/2), EPSP synthase inhibitors (G/9)	chlorimuron-ethyl, glyphosate
17	2013	<i>Ageratum conyzoides</i>	ALS inhibitors (B/2)	pyrithiobac-sodium, trifloxysulfuron-sodium
18	2014	<i>Amaranthus retroflexus</i>	PPO inhibitors (E/14)	fomesafen
19	2014	<i>Chloris elata</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
20	2016	<i>Eleusine indica</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate
21	2016	<i>Amaranthus palmeri</i>	ALS inhibitors (B/2), EPSP synthase inhibitors (G/9)	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, glyphosate
22	2016	<i>Digitaria insularis</i>	ACCase inhibitors (A/1)	haloxyfop-P-methyl, fenoxaprop-P-ethyl
23	2016	<i>Bidens pilosa</i>	ALS inhibitors (B/2), Photosystem II inhibitors (C1/5)	imazethapyr, atrazine
24	2016	<i>Conyza sumatrensis</i>	PSI Electron Diverter (D/22)	paraquat
25	2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	PPO inhibitors (E/14)	saflufenacil
26	2017	<i>Eleusine indica</i>	ACCase inhibitors (A/1), EPSP synthase inhibitors (G/9)	haloxyfop-methyl, fenoxaprop-P-ethyl, glyphosate
27	2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	ALS inhibitors (B/2), EPSP synthase inhibitors (G/9), PSI Electron Diverter (D/22)	chlorimuron-ethyl, paraquat, glyphosate
28	2017	<i>Conyza sumatrensis</i>	EPSP synthase inhibitors (G/9), PPO inhibitors (E/14), PSI Electron Diverter (D/22), PSII inhibitor (Ureas and amides) (C2/7), Synthetic Auxins (O/4)	diuron, paraquat, glyphosate, 2,4-D, saflufenacil
29	2017	<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	ALS inhibitors (B/2), EPSP synthase inhibitors (G/9)	glyphosate, iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam
30	2018	<i>Amaranthus hybridus (syn: quitensis)</i>	ALS inhibitors (B/2), EPSP synthase inhibitors (G/9)	chlorimuron-ethyl, glyphosate

Fonte: HEAP, 2020.

2.2 DICAMBA

2.2.1 Histórico do herbicida dicamba

O cientista Sidney B. Richter é o responsável pela descoberta da molécula do dicamba em 1958 (Patente nº3013054 -12/12/961). O dicamba foi descrito como um composto de ácido benzóico ou ácido carboxílico e imita o hormônio do crescimento natural do ácido indol-3 acético (IAA) e o pKa relatado para dicamba é 1,87 (SHANE R, 2014).

A molécula de dicamba é um ácido orgânico ionizável que é classificado como um ácido fraco, e o estado molecular (se protonado ou desprotonado) pode ter um impacto substancial na volatilidade (MacInnes 2017).

O herbicida dicamba é considerado uma auxina sintética, classificada no Mecanismo de Ação do Herbicida 4 com ação de disruptor de crescimento de células vegetais (HRAC / WSSA). Foi responsável por controlar plantas daninhas importantes nas culturas de cereais e para o gerenciamento de resistência de plantas daninhas (SIMPSON et al.,2009).

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) resume as características da molécula de dicamba (Quadro 3). A molécula de dicamba apresenta características de ser altamente solúvel em água, volátil e ter baixo potencial de lixiviação para as águas subterrâneas, com base em suas propriedades químicas. Não é persistente no solo, mas, sob certas condições, pode persistir em sistemas aquáticos. É moderadamente tóxico para mamíferos, mas tem um baixo potencial de bioacumulação. É seletivo, sistêmico, absorvido pelas folhas e translocado por toda a planta (LEWIS, K. e TZILIVAKIS, J, 2017).

O início da comercialização do dicamba ocorreu em 1967 com o registro comercial do herbicida Banvel®, para controle de folhas largas em culturas de gramíneas, causando uma resposta de epinastia em plantas daninhas levando a clorose e a necrose (WSSA, 2007). Durante os próximos 30 anos foi utilizado em diferentes formulações e com variados nomes comerciais.

O herbicida Banvel® é formulado com o sal dimetilamina (DMA), e o herbicida Clarity® (BASF Corporation), é formulado como um sal de diglicolamina (DGA) (SHANER, 2014b). Uma preocupação com estas formulações de dicamba é o potencial de volatilidade e movimento para fora do alvo. No que se refere à

volatilidade, o dicamba é classificado como um composto moderadamente volátil (BUNCH e GERVAIS, 2012).

Quadro 3. Propriedades químicas gerais relacionadas ao destino ambiental da molécula de dicamba

Propriedades	Valores	Interpretação
Solubilidade - em água a 20°C (mg L ⁻¹)	250000	Alta
Constante de dissociação (pKa) a 25°C	1.87	Ácido forte
Pressão de vapor a 20°C (mPa)	1.67	Baixa volatilidade
Constante Lei de Henry em 25°C (Pa m ³ mol ⁻¹)	1.0 X 10 ⁻⁰⁴	Não volátil
Tensão superficial (mN m ⁻¹)	63.7	-
Massa molecular (g mol ⁻¹)	221.04	
Nome de identificação preferencial	3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid	

Fonte: LEWIS, K. e TZILIVAKIS, J. (2017)

O estudo com materiais transgênicos que degradassem a molécula do dicamba iniciou no ano de 1997, quando cientistas da Universidade de Nebraska- Lincoln, solicitaram uma patente provisória para o desenvolvimento da tecnologia de cultivo resistente à dicamba (Patente nºUS7022896 B1 - 04/04/2006). A partir de então, outras patentes semelhante foram solicitadas.

Em 2005, após um processo competitivo a Universidade de Nebraska-Lincoln obteve uma licença exclusiva da empresa Monsanto como parceria para o desenvolvimento de culturas tolerantes ao dicamba. Dois anos após a parceria foi publicado o desenvolvimento de um novo cultivar com gene bacteriano responsável por tornar plantas de folhas largas resistentes ao herbicida dicamba (BEHRENS et al., 2007). A tolerância em plantas transgênicas foi alcançada através da inserção da enzima O-desmetilase, que catalisa a quebra do dicamba no ácido 3,6-diclorossalicílico não-herbicida e o gene que codifica a enzima foi isolado e inserido na soja (JOHNSON et al., 2010; PETERSON et al., 2009; CAO et al., 2011; BEHRENS et al., 2007; DUMITRU et al., 2009).

Adaptando os relatos levantados pelo Professor Dr. Andrew Kniss da Universidade do Wyoming durante os anos de 2015 e 2018, é possível compreender a sequência de acontecimentos que influenciam a produção de cultivares tolerantes a dicamba atualmente. A partir de janeiro de 2015, nos EUA, a Monsanto recebeu autorização para comercializar legalmente cultivares com a

característica de resistência ao dicamba. Durante o verão do mesmo ano, muitos hectares são plantados com cultivares tolerantes ao herbicida. Entretanto, não havia autorização e aprovação legal para o uso de novas formulações de dicamba nessas culturas resistentes. Como consequência, o estado e universidades receberam queixas generalizadas de sintomas de dicamba em campos de soja não tolerante, por ocorrência de deriva com o uso de formulações antigas do herbicida.

Somente em novembro de 2016 a formulação do herbicida que contém aditivos que reduzem a volatilidade do dicamba foi aprovada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). Sendo assim, no verão de 2017 os agricultores tiveram acesso ao cultivar tolerante ao dicamba e a nova formulação do herbicida dicamba.

Mesmo após a autorização de comercialização do cultivar e do herbicida reclamações de injúrias em soja não tolerante voltaram a acontecer, e foi estimado danos em 1,4 milhão de hectares de soja nos EUA, o que representa aproximadamente 4% dos 35 milhões de hectares de soja plantada em 2017 (BRADLEY, 2017; USDA-NASS, 2017).

No Brasil, a empresa Bayer tem lançamento previsto da tecnologia de soja resistente ao herbicida dicamba (Intacta 2 Xtend) em 2021, embora a empresa já tenha obtido autorização para comercializá-la.

2.2.2 Desafios no manejo do herbicida Dicamba

Com a necessidade de gerenciar plantas daninhas que se tornaram resistentes a herbicidas e manejar novas variedades de algodão e soja tolerantes a dicamba, os agricultores aumentarão o uso do herbicida dicamba (EPA 2016).

O herbicida dicamba causa nas plantas o crescimento anormal das células ao imitar a auxina natural de crescimento (CREMLYN, 1991). De acordo com Weidenhamer et al., (1989) este herbicida tem como característica, ser eficaz mesmo em baixas concentrações.

A capacidade de eficiência deste herbicida em baixas concentrações traz como consequência a preocupação com o movimento de partículas para fora da área alvo (deriva), causando danos a outras espécies.

Salomão e Bradley (2014) observaram pelo menos 10% de lesão a 0,028 g

ha⁻¹. Valores semelhantes foram relatados em uma meta-análise das pesquisas publicadas para quantificar a resposta da soja não tolerante ao dicamba, realizada pelo pesquisador Andrew (2018). Quando os dados foram agrupados as estimativas para aplicações em diferentes estágios de crescimento da soja foram de 0,038 a 0,046 g ha⁻¹ para a dose estimada de dicamba que resultou em 5% de dano visível à soja não tolerante, confirmando a alta sensibilidade desde herbicida em outras culturas.

Hartzler (2017) descreve a sensibilidade da soja à dicamba usando milho e glyphosate como comparação, através de um gráfico adaptado com conclusões de diferentes trabalhos. A dose mais baixa observada de glyphosate causando resposta visual significativa no milho foi de 1% da taxa de uso de 560 g ha⁻¹. Para a soja, a lesão visual significativa do dicamba ocorreu em 0,005% da taxa de uso de 560 g ha⁻¹, mostrando que a soja é 200 vezes mais sensível ao dicamba do que o milho ao glyphosate. Este risco ainda poderá ser aumentado, pois a soja é extensivamente plantada em áreas onde o dicamba é usado (BHATTI et al., 1996; EVERITT e KEELING, 2009; SOLOMON e BRADLEY, 2014).

Outro problema associado ao uso de dicamba é a volatilização que foi encontrada entre os sais de dicamba. Com a evolução de formulações de dicamba diferentes sais foram introduzidos com a intenção de diminuir a volatilidade deste herbicida (BUNCH e GERVAIS, 2012). São exemplos de formulações classificadas de baixa volatilidade a Banvel II de 1981, Clarity de 1990, e as formulações mais recentes Xtendmax e Fexapan com Vaporgrip Technology e o herbicida Eugenia (BAPMA).

Além da escolha do sal nas diferentes formulações do herbicida dicamba, outros fatores importantes que influenciam na volatilidade do dicamba são: temperatura, precipitação após aplicação, superfície de aplicação e formulação (BEHRENS e LEUSCHEN, 1979).

O instituto “The International Survey of Herbicide Resistant Weeds” (Pesquisa Internacional de Plantas Daninhas Resistentes a Herbicidas) lista em escala global 41 espécies de plantas daninhas com resistência evoluída aos herbicidas do Grupo 4 (Inibidores de Auxina), 17 dessas espécies são relatadas como resistentes ao dicamba (HEAP, 2019). Segundo o Quadro 1 o Brasil não possui casos de plantas daninhas resistentes ao herbicida dicamba.

Em abril de 2019, outra formulação de dicamba foi aprovada pela Agência de

Proteção Ambiental (EPA-EUA) para uso em sojas tolerantes ao dicamba nos EUA.

O herbicida Tavium Plus VaporGrip Technology da Syngenta é uma formulação do grupo 4, dicamba, pré-misturada com S-metolaclopro para fornecer controle residual, de acordo com um comunicado de imprensa da Syngenta (SYNGENTA, 2019).

Através do desenvolvimento de culturas resistentes a dicamba surgem questões quanto a possíveis interações do herbicida dicamba com outros herbicidas permitindo combinações de misturas no tanque do pulverizador (BEHRENS et al., 2007).

Por diversas vantagens, o glyphosate se tornou o herbicida mais utilizado no mundo e com oportunidade de sinergismo no controle de plantas daninhas quando associado com herbicidas de diferentes mecanismos de ação.

O glyphosate é um herbicida pós-emergente que possibilita o controle de plantas daninhas anuais e perenes tanto de folhas largas como estreitas, pois é classificado como não seletivo e de ação sistêmica (MALTY et al., 2006; FRANZ et al., 1997). Porém, a eficácia do glyphosate pode ser afetada pela interação de outros herbicidas, diferentes espécies de plantas daninhas e diferentes tamanhos no momento do controle (JORDAN et al., 1997; PARKER et al., 2006).

A associação do herbicida glyphosate e o dicamba para o controle de diversas plantas daninhas pode gerar respostas de sinergismo ou antagonismos, e alguns resultados desta interação podem ser encontrados em publicações desde a década de 80 (O'SULLIVAN e O'DONOVAN 1980; SELLECK e BAIRD 1981; HYDRICK e SHAW 1994; JOHNSON et al., 2010).

Aplicações da mistura de tanque de glyphosate mais o dicamba em pós-emergência tem demonstrado maior controle de várias espécies de plantas daninhas (JOHNSON et al., 2010; VINK et al., 2012; SPAUNHORST et al., 2014; VAN WELY et al., 2015). Porém, além da resposta na eficiência dos herbicidas, deverá ocorrer interferência no processo químico e físico de composição da calda, conseqüentemente o processo de formação de gotas também poderá ser alterado.

A relação da calda com a ponta de pulverização pode ser respondida de diferentes formas de acordo com a propriedade físico-químicas da calda de pulverização (BUTLER ELLIS et al., 2001; MATTHEWS, 2000).

Segundo Alves et al., (2017), após analisar diferentes pontas de pulverização e o potencial de deriva de soluções com apenas dicamba e outras composta da

mistura com o ghyphosate, observaram diferentes espectro de gotas a cada situação avaliada. Enquanto Meyer et al., (2015) ao avaliar diferentes combinações de pontas, não encontrou diferença no espectro de gotas entre a solução de dicamba e a mistura com ghyphosate. Investigações neste sentido devem ser realizadas para melhor compreensão da tecnologia disponível.

2.3 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO PARA HERBICIDAS

2.3.1 Definição e particularidades na aplicação de herbicidas

A agricultura convencional utiliza o controle químico de plantas daninhas como padrão, com uso de herbicidas seletivos e de amplo espectro de controle. O sucesso no controle químico dependerá da suscetibilidade das espécies alvos ao modo de ação do herbicida (DEVINE et al., 1993).

A tecnologia de aplicação visa garantir a execução do controle químico de plantas daninhas, com a chegada do herbicida ao alvo, contribuindo ao desempenho do herbicida escolhido. Através de ajustes de pressão, vazão na pulverização, tamanho de gota adequado, entre outros.

A aplicação de qualquer produto fitossanitário deve garantir a quantidade suficiente de cobertura e penetração ao alvo, diminuindo o potencial de perdas por deriva (TAYLOR et al., 2004). Este processo está relacionado à formação e tamanho das gotas que acontece através de pontas de pulverização agrícolas, que são componentes fundamentais do sistema de pulverização (VELINI et al., 1995).

De acordo com uma meta-análise realizada por Knoche (1994) a eficiência biológica dos herbicidas poderá ser influenciada pelo espectro de gotas. Em 71% dos experimentos revisados tiveram aumento de desempenho dos herbicidas quando o tamanho das gotas diminuiu. No entanto, estes resultados não mostraram tendência consistente e, em alguns casos, foram contraditórios.

Entretanto, uma gota de 100 μ m de diâmetro tem seu potencial de carregamento pelo vento (5 km.h⁻¹) aumentado em até 7,5 vezes, comparada a uma gota de 500 μ m (BODE, 1987).

Tamanho de gotas menor pode ser considerado como gotas que serão mais propensas a deriva. Embora alguns autores utilizem os valores de 150 μ m ou 200 μ m para classifica-las como mais deriváveis, é de comum consenso que quanto menor o

tamanho da gota durante uma pulverização, maior será o seu potencial de deriva (YATES et al., 1985; ETHERIDGE et al., 1999; ANTUNIASSI et al., 2014).

As gotas mais seguras possuem tamanho maior e contribuem para um menor potencial de carregamento para fora do alvo e menor potencial de evaporação, porém, gotas grandes tem dificuldade de retenção na superfície das folhas e contribuem com menor cobertura do alvo (SPILLMAN, 1984). Butts et al., (2019) discorre que mesmo com herbicidas sistêmicos, como reguladores de crescimento, existe um tamanho crítico de gota e, se o tamanho da gota aumentar, o controle de plantas daninhas poderá ser reduzido. Desta maneira, devem ser identificadas precauções alternativas para a redução de deriva, além do aumento do tamanho das gotas, para evitar reduções no controle de ervas daninhas.

A tecnologia de aplicação é um processo que envolve uma série de componentes em diferentes estágios que interagem com outros fatores, como a pressão, o ingrediente ativo e seu modo de ação na planta, o volume de calda que este herbicida será transportado e distribuído, além, do espectro de gotas (BRAZES et al., 1991; EBERT e DOWNER, 2008).

É grande a diversidade de pontas de pulverização que promovem diferentes espectros de gotas. A classificação de tamanhos de gotas fornecida pelos fabricantes de pontas é determinada de acordo com o tamanho de orifício de saída da calda pela ponta, pressão utilizada e volume da aplicação.

Uma das formas mais utilizadas de classificação das pontas de pulverização foi sugerida pela Sociedade Americana de Agricultura e Engenheiros Biológicos (ASABE, 2009) e é obtida através da pulverização de água com pontas de referência. Entretanto, a composição física e química da calda de pulverização poderá alterar a classificação de tamanho de gotas pré-determinada pelos fabricantes de pontas.

O conhecimento das condições de trabalho e a eficiência das pontas de pulverização são essenciais para que se obtenha interação entre a condição climática, o agente fito patogênico e dos parâmetros operacionais (GANDOLFO, 2002).

2.3.2 Técnica de redução de deriva (TRD)

Toda aplicação de defensivo deve pressupor maior eficiência de controle com menor perda da calda durante a aplicação. O tamanho da gota interfere diretamente

na ocorrência de deriva, aumentando ou diminuindo o potencial de perdas e prejuízos durante a o processo de aplicação (YATES et al., 1976; BOUSE et al., 1988; BIRD et al., 1996; HEWITT 1997; CARLSEN et al., 2006).

A busca por menor risco durante a pulverização envolve um conjunto de operações que devem se voltar a redução de deriva. Neste intuito, a utilização de técnicas que reduzam o potencial de deriva (TRD) deve ser fonte de pesquisa e prática na realização de aplicações de produtos fitossanitários. Este conjunto de técnicas envolve a garantia de qualidade na operação, e visa realizar a escolha antecipada da opção que proporcione menor risco de deriva.

A possibilidade em minimizar a produção de gotas com diâmetros menores deverá levar em consideração modificações no pulverizador e na composição da calda. Exemplos destas modificações são a adição de adjuvantes na calda, a utilização de pontas de pulverização que proporcionem maior tamanho das gotas, e o uso de assistência de ar na barra do pulverizador. Em outras palavras, proporcionar maior segurança para aplicação com técnicas disponíveis que proporcionem a chegada do produto no alvo desejado (YATES et al., 1976; WOLF et al., 1993; UCAR e HALL 2001; ANTUNIASSI, 2013).

A possibilidade de aplicações de herbicidas auxínicos em áreas com culturas adjacentes sensíveis a esses herbicidas levaram ao desenvolvimento de novas formulações com a característica de baixa deriva e baixa volatilidade, e também de adjuvantes que reduzem a deriva, além do desenvolvimento de pontas de pulverização, e as novas formulações e adjuvantes que buscam reduzir a formação de gotas mais finas (Egan et al., 2014).

O uso de técnicas de redução de deriva se iniciou em países desenvolvidos com o objetivo de incentivar a fabricação, comercialização e uso de tecnologias de pulverização que comprovem cientificamente a redução de deriva quando forem utilizadas (HOFFMANN et al., 2010). Neste intuito, o lançamento de novos produtos fitossanitários deverá incluir diretrizes da tecnologia de aplicação de forma clara e específica para o gerenciamento da deriva durante a aplicação do produto. Como, por exemplo, nos rótulos do herbicida dicamba devem constar parâmetros que reduzam a deriva durante a aplicação, com a especificação da ponta de pulverização que deve ser usada, volume de calda, as condições meteorológicas para as aplicações, o adjuvante adequado, entre outros (HEWITT, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), Campus de Botucatu – SP.

3.2 Análise do espectro de gotas

O espectro de gotas foi avaliado em tempo real por meio da técnica de análise por imagem chamada de Particle/Droplet Image Analysis ou PDIA (Particle/Droplet Image Analysis) (Figura 1). O analisador de gotas dispõe de uma câmera que captura as imagens das gotas em trajetória no ar, essas imagens são enviadas em tempo real para um computador e são analisadas por meio do programa computacional que estima o tamanho das gotas.

O equipamento utilizado para realizar as análises foi o VisiSize P15 juntamente com o software integrante (Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, U.K.) (Figura 2). O sistema foi ajustado para medir 10000 gotículas em cada replicação. Conforme descrito por Carvalho (2016) e Moreira (2016).

Para todas as análises, a ponta de pulverização foi posicionada dentro de uma câmara de pulverização de maneira estática, posicionada na vertical, com o jato dirigido para baixo e a 50 cm de altura do ponto focal do analisador de gotas, tendo o seu jato de pulverização centralizado com o ponto focal de leitura do equipamento. O equipamento permite por meio de sua configuração a escolha de lentes e ampliações.

Um sistema de pulverização de ar comprimido equipado com um controle eletrônico de pressão e um manômetro digital foram instalados na câmara de pulverização para pulverizar nos níveis de pressão desejados de acordo com os tratamentos.

Figura 1 - Sistema de pulverização para o analisador de gotas por imagens, modelo VisiSize Portátil (Oxford Lasers, Imaging Division, Oxford, U.K.)

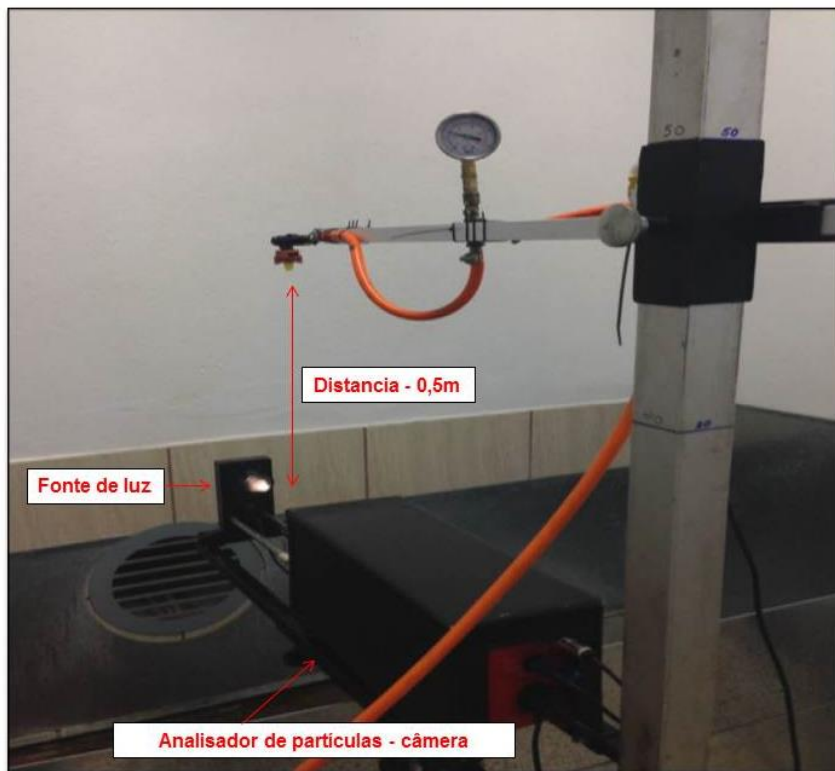
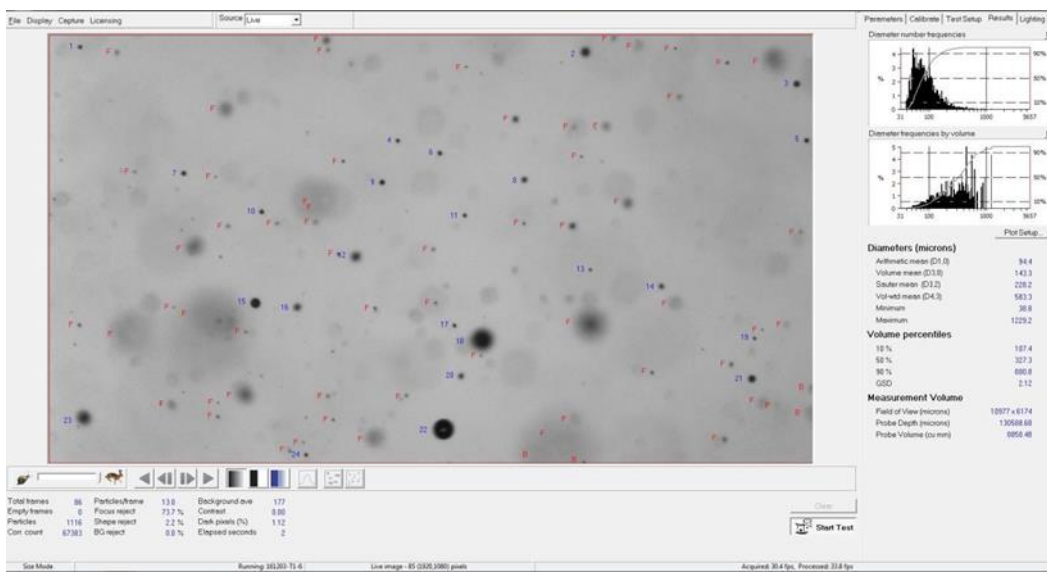


Figura 2 - Imagem da tela com o software (VisiSize Particle Sizing) durante a análise do tamanho das gotas pulverizadas em tempo real



Entre um tratamento e outro, o sistema foi devidamente limpo e a conferência da calibração do equipamento era realizada com a pulverização de água.

Com base nas leituras de espectro de gotas foram determinados os seguintes parâmetros: diâmetro mediano volumétrico (DMV), amplitude relativa (AR) e percentual do volume pulverizado com gotas com diâmetro inferior a 150 µm (V150).

O V150 foi utilizado como parâmetro de avaliação neste trabalho por representar numericamente a proporção de gotas mais propensas a deriva dentro do espectro gerado em cada pulverização. Diversos autores posicionam esse percentual com referência a outros tamanhos de referência, sendo mais frequente o uso do volume pulverizado com gotas com diâmetro inferior a 100 µm (NUYTTENS et al., 2010). Este valor de referência pode variar de um estudo para o outro, mas seu posicionamento sempre é diferenciar as pontas no que se refere ao potencial de gerar gotas deriváveis. Quando a avaliação do espectro ocorre em uma ponta que gera gotas mais finas, o valor de V100 se torna muito pequeno, dificultando a avaliação. Neste caso, a melhor opção é ampliar a faixa para as gotas até 150 µm, e esta foi a opção adotada neste trabalho. A Amplitude Relativa foi calculada através da Equação 1:

$$AR = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}} \quad \text{Eq.1}$$

Onde DV 0,1 = onde 10% do volume aplicado são constituídos por gotas com diâmetro menor do que o valor do DV 0,1; DV 0,5 = onde 50% do volume aplicado são compostos por gotas com diâmetro menor que o valor do DV 0,5 e DV 0,9 = onde 90% do volume aplicado são constituídos por gotas com diâmetro menor do que o valor de DV 0,9.

3.3 Avaliação do índice de deriva

Um Índice de deriva física (ID) foi estimado por meio de um túnel de vento, seguindo metodologia adaptada a partir das recomendações da norma ISO (ISO 22856: 2008: equipamento para proteção das culturas, métodos para a medição de laboratório de deriva de pulverização túneis de vento).

O túnel de vento utilizado neste experimento possui o circuito aberto, seguindo

o princípio de funcionamento proposto por Moreira Junior (2009), onde não há a recirculação de ar (Figura 3).

A ponta de pulverização ficou alocada dentro do túnel, em uma posição central em relação a sua largura, a 1,5 m de distância em relação à entrada de ar e a uma altura de 0,5 m em relação ao piso do equipamento. Um índice de deriva física foi determinado a 2 m de distância da ponta de pulverização pela captura da calda por meio de alvos artificiais (fios de nylon).

Os fios de nylon utilizados possuíam 2 mm de diâmetro e foram posicionados de forma horizontal e perpendicular ao sentido do vento. A cada repetição a coleta foi realizada através de 5 fios separados entre si por 0,1 m, sendo assim, cinco alturas diferentes acima do piso do túnel (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 m).

Figura 3 - Túnel de vento utilizado para análises de deriva.



Fonte: Moreira, 2016

Os ensaios foram realizados com média de velocidade de vento de $2,5 \text{ m s}^{-1}$ ($9,0 \text{ km h}^{-1}$), monitorada em tempo real, com a utilização de um anemômetro digital tipo ventoinha (Marca Minipa, Modelo MDA 11).

Seguindo a metodologia de Palladini (2000), a quantificação do depósito da

pulverização foi mensurada através de um traçador, o corante Azul Brilhante, FCF – INS 133 (International Numbering System for Food Additives), conhecido também por sua definição norte-americana como FD&C Blue n.1 (Food, Drug & Cosmetic). No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) identifica este corante de acordo com o Sistema Internacional de Numeração (INS). As principais características deste corante são: estabilidade, atoxicidade, baixo custo e análise através de espectrofotometria com baixa interferência nas características da calda (MARCHI et al., 2005). A quantidade de corante utilizada foi de 6 g L⁻¹ previamente diluída em água antes da mistura na calda.

Um sistema de pulverização de ar comprimido equipado com um controle eletrônico de pressão e um manômetro digital foram instalados no sistema de pulverização para pulverizar nos níveis de pressão desejados de acordo com os tratamentos.

As pulverizações iniciavam-se após o ventilador ser ligado e a velocidade do vento dentro do túnel estivesse estabilizada. O tempo de pulverização era de 20 segundos. Após este processo os fios de nylon eram retirados e armazenados para posterior remoção do corante coletado. Amostras de cada calda de pulverização também eram coletadas para cálculo de estimativa da quantidade de corante através de curvas padrão.

Todos os fios de nylon coletados foram lavados com a mesma quantidade de água (45 ml) em todos os tratamentos e repetições. Esta lavagem aconteceu no mesmo saco plástico em que o fio foi armazenado, através da agitação por 15 segundos. A solução formada após a lavagem era utilizada para a leitura através de espectrofotometria em comprimento de onda de 630 nm.

Foram calculadas a concentração do corante em mg L⁻¹ presente em cada amostra, a partir dos resultados de absorvância. Para o cálculo de curvas padrão utilizou-se concentrações conhecidas, obtidas da diluição das amostras de caldas utilizadas em cada tratamento. As concentrações utilizadas para as curvas padrão foram 0,01456; 0,0293; 0,05859; 0,11719; 0,46875; 0,9375; 1,875; 3,75; 7,5 e 15 mg L⁻¹. Com os dados de absorvância de cada concentração e a curva padrão, o equipamento realizou o cálculo da concentração de corante presente em cada amostra através Equação 2.

$$C_c = \frac{abs - A}{B} \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

C_c = concentração de corante na amostra

A = coeficiente linear da reta

abs = absorvância da amostra

B = coeficiente angular da reta

Com os dados de concentração, foi possível calcular o resultado para cada amostra, da quantidade de corante coletada em cada fio. Para o cálculo, considerou-se a quantidade de água utilizada para lavar cada fio, conforme descrito na Equação 3.

$$Q_c = \frac{C_c \cdot Q_a}{100} \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

Q_c = quantidade de corante presente em cada fio (mg)

Q_a = quantidade de água utilizada na lavagem de cada fio (mL)

Utilizando-se os valores de corante presente em cada fio, estimou-se um índice de deriva por fio, que é o percentual do volume de calda pulverizada retido no fio, de acordo com a Equação 4. Um índice de deriva total foi calculado através do somatório da deposição de todos os fios para cada repetição, conforme descreve Moreira Júnior (2009); Oliveira (2011) e Chechetto et al., (2013).

$$ID_{fio} = Q_c \cdot 100 / \left(\frac{V \cdot T}{60 \cdot Ql} \right) \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

ID_{fio} = índice de deriva por fio (%)

V = vazão da ponta de pulverização na pressão de trabalho (L min⁻¹)

T = tempo de pulverização na pressão de trabalho (s)

Q/ = Concentração de corante na calda (mg L⁻¹)

3.4 Ensaios e análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas em laboratório com as condições meteorológicas registradas durante a execução de cada tratamento, respeitando os limites para condições ideais de aplicação. Segundo Ozkan (1998), é recomendado realizar aplicações somente em condições em que as temperaturas estejam abaixo de 30° C e a umidade relativa do ar acima de 50%.

Considerando os objetivos deste trabalho, uma série de oito ensaios foi desenvolvida como desenhos fatoriais, tendo como fatores as pontas e as caldas de herbicidas. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada como ferramenta primária para análise estatística dos dados e o valor de F foi a base para avaliar a significância dos fatores (causas de variação) e suas interações em cada. O delineamento inteiramente casualizado (DIC) foi utilizado em todos os ensaios

Dentre os oito ensaios, quatro foram delineados em esquema fatorial 5 x 2 (cinco pontas de pulverização e duas caldas) e quatro foram delineados em esquema fatorial 4 x 2 (quatro pontas de pulverização e duas caldas). O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi utilizado para comparação de médias, quando apropriado.

Os oito ensaios corresponderam a combinação de duas concentrações dos produtos na calda equivalente a diluição dos herbicidas para 50 e 100 L ha⁻¹, dois tamanhos de orifícios das pontas ("ISO 02" e "ISO 04") e duas pressões (300 e 600 kPa). Todos os ensaios foram realizados com três repetições para a coleta de dados.

Todas as pontas utilizadas (Quadro 5 e Figura 5) são modelos com indução a ar: TTI, AITTJ, AI e AIXR (TeeJet) e ULD (Hypro). As duas formulações de dicamba avaliadas foram o dicamba de sal diglicolamina (Bayer, Dicamax 480 g ae L⁻¹) e o dicamba de sal diglicolamina incluindo o redutor de volatilidade VaporGrip® (Bayer, XtendiMax com VaporGrip Technology, 350 g ae L⁻¹). O sal diglicolamina de ambos os herbicidas dicamba utilizados são idênticos (Anônimo, 2018).

Junto às formulações de dicamba foi adicionado em mistura o glyphosate de sal de potássio (Bayer, Roundup Transorb R 588 g ae L⁻¹). Todas as formulações que foram utilizadas são classificadas como Suspensão Concentrada (Soluble concentrates - SL). As doses foram de 3,0 L p.c. ha⁻¹ para o Roundup Transorb R e

2,06 e 1,5 L p.c. ha⁻¹ para o Xtendimax e Dicamax.

Com a finalidade de facilitar a apresentação dos herbicidas nas descrições dos tratamentos, utilizaram-se na brevíaturas “D+G” e “DRV+G” para indicar a calda utilizada, onde, “D” representa o dicamba de sal diglicolamina, o “DRV” representa o dicamba de sal diglicolamina com o Redutor de Volatilidade e o “G” representa o glyphosate de sal potássico (Quadro 4).

O Quadro 6 apresenta os modelos de pontas utilizados, classes de tamanho de gotas de acordo com os parâmetros escolhidos nesta pesquisa para cada modelo de ponta, tamanho do orifício de vazão e pressão de pulverização fornecida pelos fabricantes (Figura 4).

Quadro 4 – Doses dos herbicidas para as diluições das caldas.

Caldas	Dose dicamba	Dose glyphosate
	<i>g a.e ha⁻¹</i>	<i>g a.e ha⁻¹</i>
DRV+G	721	1764
D+G	720	1764

Abreviações: D para dicamba, RV para Redutor de Volatilidade, e G para glyphosate.

Quadro 5 - Ensaio realizados para avaliar o diâmetro mediano volumétrico (DMV), o percentual do volume composto por gotas menores que 150 µm (V150), a amplitude relativa (AR) e índice de deriva (ID) gerado pela pulverização com pontas de jato plano e duas soluções de dicamba mais glyphosate.

Ensaio	Pontas ¹	Análises	Orifício	Pressão	Diluição
				<i>kPa</i>	<i>L ha⁻¹</i>
1	TTI, AI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR	02	300	50
2	TTI, AI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR	02	300	100
3	TTI, AI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR	02	600	50
4	TTI, AI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR	02	600	100
5	TTI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR, ID	04	300	50
6	TTI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR, ID	04	300	100
7	TTI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR, ID	04	600	50
8	TTI, AITTJ, ULD e AIXR	DMV, V150, AR, ID	04	600	100

¹ TeeJet Technologies (TTI, AI, AITTJ e AIXR) e Pentair Hypro (ULD)

Quadro 6 – Lista de pontas e classes de tamanho de gotas utilizadas: modelo e fabricante

Modelo	Ângulo	Fabricante	Classe de tamanho de gotas			
			Tamanho do orifício		Pressão (kPa)	
			----- 02 -----		----- 04 -----	
			---- 300 ----	---- 600 ----	---- 300 ----	---- 600 ----
TTI	110	Teejet	Ultra grossa	Muito grossa	Ultra grossa	Muito grossa
AI	110	Teejet	Extrem. grossa	Muito grossa	Extrem. grossa	Muito grossa
AITTJ	110	Teejet	Muito Grossa	Grossa	Muito grossa	Grossa
ULD	120	Hypro	Grossa	Média	Grossa	Média
AIXR	110	Teejet	Grossa	Média	Muito grossa	Grossa

Fonte: TeeJet Technologies (TTI, AI, AITTJ e AIXR) e Pentair Hypro (ULD)

Figura 4 – Fotos das pontas de pulverização utilizadas, onde, as de cor amarela representam as pontas com orifício de tamanho 02 e as vermelhas o tamanho de orifício 04.



Fonte: website dos fabricantes

4 RESULTADOS

4.1 Pontas de vazão ISO 02

4.1.1 Ensaio 1: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

A análise de variância (Tabela 1) apresentou uma interação significativa entre caldas e pontas de pulverização nas análises quanto ao diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem do volume de gotas com diâmetros menores ou iguais a 150 µm (V150) e a amplitude relativa (AR) gerada pelas pontas de vazão ISO 02. Este resultado indica que os parâmetros do espectro de gotas gerados por estas pontas dependem da calda utilizada e, por conseguinte, os resultados gerados pelas diferentes caldas dependem igualmente das pontas utilizadas. A Tabela 2 apresenta os desdobramentos das médias obtidas incluindo a comparação pelo teste de Tukey.

Tabela 1 - Análise estatística das variáveis DMV, V150 e AR em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 02 (AIXR; TTI; ULD e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G), considerando a pressão 300 kPa e a diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (µm)	V150 (%)	AR
CV (%)	4,07	5,57	6,06
Teste F (PONTAS)	732,87*	602,03*	175,16*
Teste F (CALDAS)	11,63*	41,35*	20,74*
Interação (CALDA x PONTA)	4,69*	95,97*	11,86*

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem. Abreviações: D para dicamba, RV para Redutor de Volatilidade, e G para glyphosate de sal potássico.

A ponta TTI 11002 apresentou o menor potencial de deriva, com maior DMV e menor V150 independentemente da calda utilizada. No outro extremo, a ponta AIXR 11002 foi a que apresentou maior potencial de deriva. A ponta AITTJ 11002 destacou-se por ser a única a apresentar diferença entre as caldas para os três parâmetros avaliados, sendo que a calda D+G (“D” representa o dicamba de sal diglicolamina e o “G” representa o glyphosate de sal potássico) se posicionou como a formulação com melhor potencial para redução de deriva para esta ponta de pulverização.

Entretanto, para a ponta AI 11002 o comportamento foi oposto quanto ao V150, com menor média para a formulação DRV+G (“DRV” representa o dicamba de sal diglicolamina com o Redutor de Volatilidade e o “G” representa o glyphosate de

sal potássico). No que se refere à AR, a ponta AIXR 11002 apresentou as menores médias, sem diferenças para a ULD 12002, enquanto a ponta AITTJ 11002 apresentou os maiores valores de AR, indicando menor uniformidade do espectro independentemente das caldas utilizadas.

Tabela 2 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 02 em cada calda, com relação ao diâmetro mediano volumétrico (DMV), o percentual de gotas menores que 150 µm (V150) e a amplitude relativa (AR). Pressão 300 kPa e a diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Pontas	DMV (µm)				V150 (%)				AR			
	D+G		DRV+G		D+G		DRV+G		D+G		DRV+G	
TTI 02	402,34	Aa	385,60	Ab	12,14	Da	11,94	Ca	2,18	Ba	2,22	Ba
AITTJ 02	301,38	Ba	270,46	Bb	21,10	Cb	26,26	Ba	2,66	Ab	3,30	Aa
ULD 02	220,66	Ca	224,92	Ca	27,99	Ba	27,96	Ba	1,71	CDa	1,75	Ca
AI 02	205,84	Ca	198,74	Da	30,07	Ba	12,35	Cb	1,94	Cb	2,10	Ba
AIXR 02	168,78	Da	169,30	Ea	42,07	Aa	41,98	Aa	1,66	Da	1,60	Ca

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.2 Ensaio 02: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹.

A análise de variância das pontas de vazão ISO 02 a 300 kPa e 100 L ha⁻¹ (Tabela 3) apresentou interação significativa entre caldas e pontas de pulverização nas análises quanto ao diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem do volume de gotas com diâmetros menores ou iguais a 150 µm (V150) e a amplitude relativa (AR) gerados pelas pontas de vazão ISO 02. A Tabela 4 apresenta os desdobramentos das médias obtidas incluindo a comparação pelo teste de Tukey.

Novamente, as pontas TTI e AIXR foram aquelas que apresentaram, respectivamente, o menor e o maior potencial de deriva, de acordo com as médias obtidas de DMV e V150, independentemente da calda utilizada. No que se refere às diferenças entre caldas dentro de cada ponta, na análise do DMV as pontas TTI, AITTJ e AI apresentaram diferença significativa entre as caldas, com maior valor para a formulação D+G. Na análise do V150 as pontas AI e AIXR apresentaram diferença entre caldas, com menor valor de V150 para a calda D+G (Tabela 4).

Tabela 3 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150 e AR em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 02 (AIXR; TTI; ULD e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR
CV (%)	4,01	5,41	6,45
Teste F (PONTAS)	883,19*	776,34*	166,45*
Teste F (CALDAS)	22,11*	11,5*	22,69*
Interação (CALDA x PONTA)	6,48*	7,53*	26,93*

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).
C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem

Tabela 4 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 02 para cada calda em relação ao diâmetro mediano volumétrico (DMV), percentual de gotas menores que 150 μm (V150) e amplitude relativa (AR). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Pontas	DMV (μm)		V150 (%)		AR	
	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G
TTI 02	415,78 Aa	401,00 Ab	10,27 Ea	10,56 Ea	2,19 Ba	2,08 Ba
AITTJ 02	275,62 Ba	238,28 Bb	23,48 Da	23,41 Da	2,66 Ab	3,65 Aa
ULD 02	221,50 Ca	228,24 Ba	30,28 Ba	29,14 Ca	1,75 Ca	1,73 Ca
AI 02	217,14 Ca	200,70 Cb	27,08 Cb	32,89 Ba	1,94 Ca	2,09 Ba
AIXR 02	160,30 Da	155,02 Da	46,27 Ab	49,08 Aa	1,85 Ca	1,80 Ca

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

No que se refere a AR, observou-se que a ponta ULD apresentou as menores médias, sem diferenças para as pontas AIXR e AI (dependendo do tipo de calda), enquanto a ponta AITTJ apresentou os maiores valores de AR, independentemente do tipo de calda, indicando menor uniformidade do espectro independentemente das caldas utilizadas.

4.1.3 Ensaio 3: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

A análise de variância das pontas de vazão ISO 02 a 600 kPa e 50 L ha⁻¹ (Tabela 5) não apresentou interação significativa entre caldas e pontas de pulverização na análise do DMV, mantendo, entretanto, a interação significativa para

a porcentagem do volume de gotas com diâmetros menores ou iguais a 150 μm (V150) e a amplitude relativa (AR). Desta forma, prevalecem as análises diretas na comparação de médias para caldas e pontas, que foram individualmente significativas, para os dados de DMV (Gráficos 1 e 2), enquanto a Tabela 6 apresenta os desdobramentos das médias obtidas incluindo a comparação pelo teste de Tukey para os valores de V150 e AR.

Tabela 5 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150 e AR em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 02 (AIXR; TTI; ULD e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

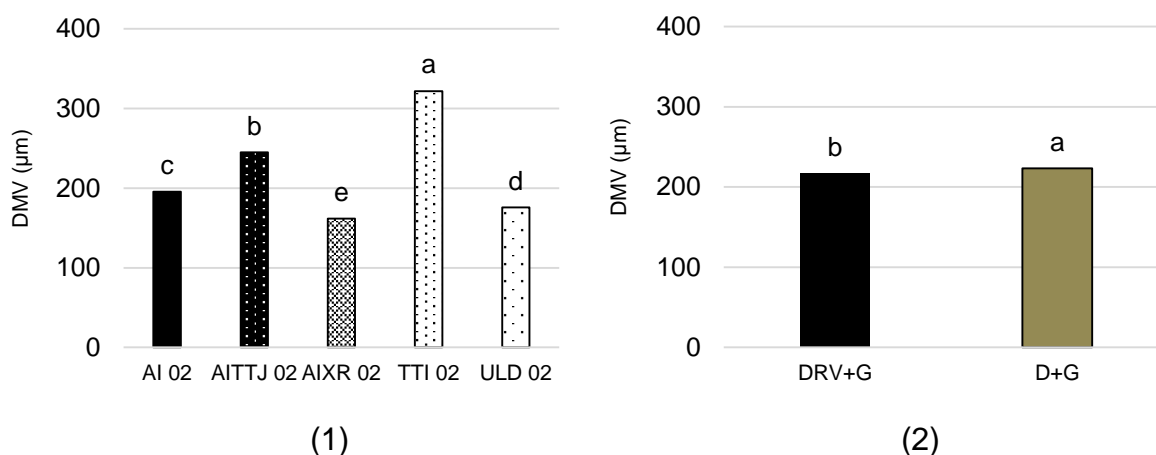
Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR
CV (%)	2,56	3,76	4,12
Teste F (PONTAS)	1331,65*	910,84*	168,13*
Teste F (CALDAS)	16,79*	44,24*	8,75*
Interação (CALDA x PONTA)	2,44	5,50*	2,61*

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem

Observando-se o comportamento do DMV no Gráfico 1, as pontas de pulverização TTI e AIXR mantiveram-se como aquelas que produzem o maior e o menor DMV dentre as pontas avaliadas, respectivamente, enquanto no Gráfico 2 a formulação D+G apresentou maior DMV do que a formulação DRV+G.

A ponta TTI foi aquela que apresentou o menor potencial de deriva, com menor V150 em ambas as caldas, enquanto a ponta AIXR ofereceu o resultado inverso, com o maior V150 independentemente da calda utilizada. A ponta AITTJ apresentou diferenças entre as caldas para o V150 e a AR, com menores valores desses parâmetros para a calda D+G (Tabela 6).

Gráficos 1 e 2 - Análise individual do DMV para pontas de vazão ISO 02 (1) e caldas (2). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 6 - Desdobramento das médias das pontas de pulverização de vazão ISO 02 para cada calda em relação ao percentual de gotas menores que 150 µm (V150) e amplitude relativa (AR). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Pontas	V150 (%)		AR	
	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G
TTI 02	18,57 Ea	18,89 Ea	2,41 Aa	2,50 Aa
AITTJ 02	20,75 Db	25,86 Da	1,69 Cb	1,87 Ca
ULD 02	39,86 Ba	41,33 Ba	1,72 Ca	1,79 Ca
AI 02	29,39 Cb	31,71 Ca	2,00 Ba	2,04 Ba
AIXR 02	44,90 Ab	46,93 Aa	1,65 Ca	1,61 Da

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.4 Ensaio 4: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

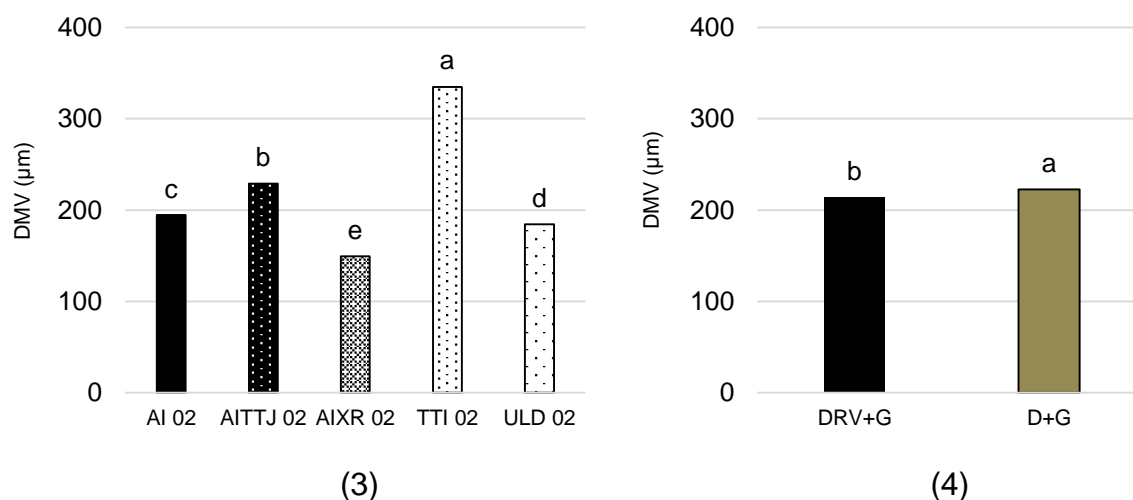
A análise de variância das pontas de vazão ISO 02 a 600 kPa e 100 L ha⁻¹ (Tabela 7) não apresentou a interação significativa entre caldas e pontas de pulverização na análise do DMV, mantendo, a interação significativa para o V150 e a AR. Desta forma, as análises diretas na comparação de médias para caldas e pontas devem ser consideradas para o DMV, que foram individualmente significativas (Gráficos 3 e 4), enquanto a Tabela 8 apresenta os desdobramentos das médias obtidas incluindo a comparação pelo teste de Tukey para os valores de V150 e AR.

Tabela 7 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150 e AR em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 02 (AIXR; TTI; ULD e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR
CV (%)	4,15	3,35	4,21
Teste F (PONTAS)	614,40*	1590,08*	88,32*
Teste F (CALDAS)	10,74*	3,84	3,80
Interação (CALDA x PONTA)	2,50	9,35*	7,28*

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).
C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem

Gráficos 3 e 4 - Análise individual do DMV para pontas de vazão ISO 02 (3) e caldas (4). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹



Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Ao observar o comportamento do DMV no Gráfico 3, as pontas de pulverização TTI e AIXR mantiveram-se como aquelas que produzem o maior e o menor DMV dentre as pontas avaliadas, respectivamente, enquanto a formulação D+G apresentou maior DMV do que a formulação DRV+G (Gráfico 4).

Novamente, a ponta TTI foi aquela que apresentou o menor potencial de deriva, com menor V150 em ambas as caldas, enquanto a ponta AIXR ofereceu o resultado inverso, com o maior V150, também de forma independente da calda utilizada. Na análise de comparação entre as caldas, entretanto, destaca-se o menor V150 oferecido pela calda D+G quando da pulverização com a ponta AI e maior V150 para a ponta ULD quando comparada a calda DRV+G. No caso da AR, os maiores valores foram obtidos para a ponta TTI, com diferença significativa para as demais pontas.

Destaca-se, ainda, que uma diferença entre caldas foi obtida para as pontas AITTJ e ULD, com menor valor de AR para a calda D+G com a ponta AITTJ e menor valor de AR para a calda DRV+G com a ponta ULD.

Tabela 8 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 02 para cada calda em relação ao percentual de gotas menores que 150 μm (V150) e amplitude relativa (AR). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Pontas	V150 (%)		AR	
	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G
TTI 02	16,68 Ea	17,29 Ea	2,30 Aa	2,35 Aa
AITTJ 02	23,90 Da	23,87 Da	1,71 Cb	1,95 Ba
ULD 02	39,35 Ba	37,30 Bb	1,81 BCa	1,68 Cb
AI 02	28,53 Cb	32,31 Ca	1,86 Ba	1,95 Ba
AIXR 02	51,99 Aa	52,68 Aa	1,78 BCa	1,74 Ca

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

4.2 Pontas de vazão ISO 04

4.2.1 Ensaio 5: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹.

Na Tabela 9 pode-se observar através da análise de variância que os efeitos das pontas foram significativos para todos os parâmetros avaliados, diferentemente dos efeitos das caldas, que não foram significativos para estes parâmetros. Ocorreu interação significativa entre os fatores apenas para o parâmetro do V150. Para melhor compreensão desta interação, os seus efeitos foram avaliados através do desdobramento das médias na Tabela 10.

Em geral, os resultados do V150 para as pontas de vazão ISO 04 na pressão de 300 kPa e 50 L ha⁻¹ são coerentes com aqueles obtidos para as pontas 02. A ponta TTI e AITTJ não apresentaram diferenças estatísticas e possuem o menor valor de V150, independente da calda utilizada. A ponta AIXR apresentou o maior volume de gotas menores ou iguais a 150 μm , demonstrando um alto potencial de deriva, comparado às demais pontas.

Tabela 9 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150, AR e ID em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 04 (AIXR; TTI; ULD, AI e AITTJ) e caldas de pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR	ID
CV (%)	3,42	4,12	4,41	6,39
Teste F (PONTAS)	1207,99*	2537,69*	112,88*	992,821*
Teste F (CALDAS)	0,04	0,38	1,02	0,774
Interação (CALDA x PONTA)	2,14	4,76*	1,77	0,372

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Tabela 10 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 04 para cada calda em relação ao percentual de gotas menores que 150 μm (V150). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Pontas	V150 (%)			
	D+G		DRV+G	
TTI 04	7,86	Da	8,17	Da
AITTJ 04	7,86	Da	8,37	Da
ULD 04	10,75	Ca	11,55	Ca
AI 04	27,00	Ba	25,44	Bb
AIXR 04	32,37	Aa	31,69	Aa

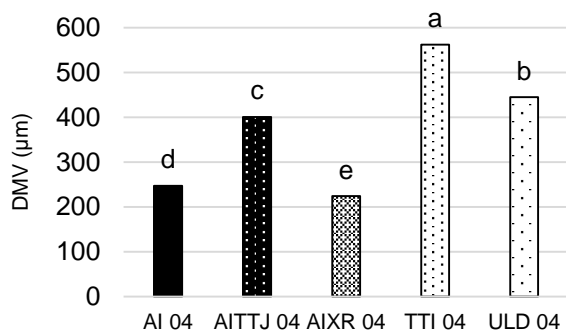
Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A diferença no valor do V150 entre as formulações foi observada apenas na ponta AI 11004, onde a calda D+G obteve um maior valor de V150, posicionando-se com maior potencial de deriva. Este mesmo efeito foi encontrado para a ponta AI 11002 nas mesmas condições de pressão e diluição, onde a calda D+G proporcionou aumento do valor do V150 para as pontas AI (Tabelas 2 e 10).

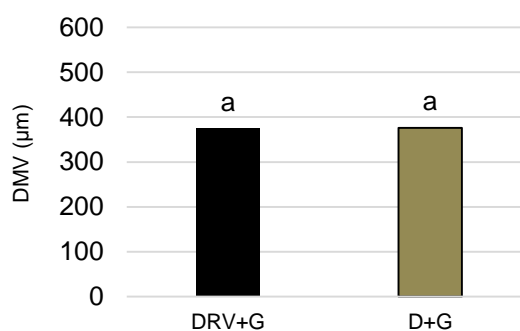
Os parâmetros que não apresentaram efeitos de interação entre caldas e pontas (DMV, AR e ID) são analisados através dos Gráficos 5 e 6, 7 e 8, 9 e 10, onde os fatores se apresentam separadamente. Nota-se no Gráfico 6 que as caldas não apresentaram diferenças nos valores de DMV, comportando-se com valores semelhantes. Para as diferentes pontas de pulverização de vazão ISO 04 o comportamento em relação ao valor de DMV foi similar ao obtido para as pontas de

vazão ISO 02, onde as pontas TTI e ULD se destacam com maior potencial reductor de deriva por apresentarem os maiores valores de DMV, seguidas da ponta AITTJ.

Gráficos 5 e 6 - Análise individual do DMV para pontas de vazão ISO 04 (5) e caldas (6). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



(5)

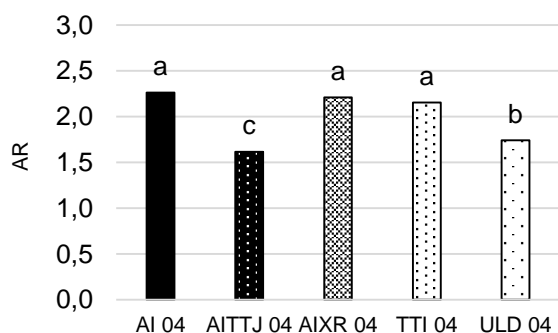


(6)

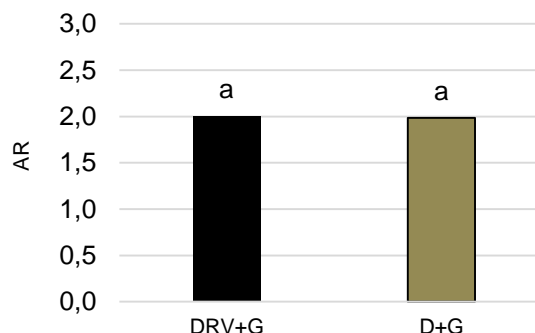
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na análise dos valores da AR, nota-se que o comportamento das formulações se repete, não apresentando diferença neste quesito (Gráfico 8). Para as pontas houve diferença entre os valores da AR para as pontas ULD e AITTJ, que apresentaram melhor qualidade de espectro de gotas comparado as demais pontas, pois apresentaram os menores valores de AR. As pontas AIXR, TTI e AI, não apresentaram diferenças entre si neste quesito.

Gráficos 7 e 8 - Análise individual da AR para pontas de vazão ISO 04 (7) e caldas (8). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



(7)

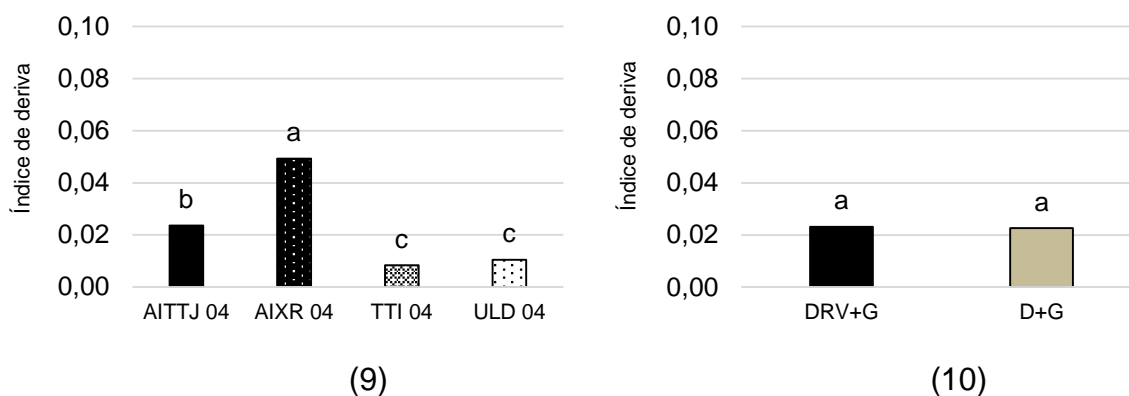


(8)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

No que se refere ao índice de deriva física em túnel de vento (Gráficos 9 e 10), as caldas não apresentaram diferenças entre si para as pontas de vazão ISO 04 na pressão de 300 kPa e diluição de 50 L ha⁻¹.

Gráficos 9 e 10 - Índice de Deriva Física (ID) para pontas de vazão ISO 04 (9) e caldas (10). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em geral, observa-se se que o comportamento entre as pontas e caldas obtidos nos valores de índice de deriva são coerentes com os dados de DMV e V150, visto que a ponta que proporcionou a maior índice de deriva foi a AIXR, a mesma ponta que apresentou o menor valor de DMV e maior valor de V150 nas condições estudadas nesta pesquisa. Embora os valores de DMV das pontas TTI e ULD apresentem diferenças, esta diferença entre as mesmas pontas não ocorreu para a percentual de deriva física coletada em túnel de vento.

4.2.2 Ensaio 6: Pulverização com pressão de 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹.

A Tabela 11 apresenta a análise estatística das variáveis DMV, V150, AR e ID para as pontas de pulverização de vazão ISO 04 a 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹. Observa-se a interação entre os elementos caldas e pontas para os fatores de V150 e AR. Para melhor compreender esta interação, as médias estão desdobradas na Tabela 12. Nos Gráficos de 11 a 14 são apresentadas as análises de caldas e pontas separadamente, para os fatores que não apresentaram interação significativa (DMV e ID).

Analisando o comportamento das caldas para o V150, nota-se que novamente a única ponta a apresentar diferença entre as formulações foi a ponta AI, onde a formulação D+G apresentou o maior valor de V150, mostrando que a interação desta formulação com a ponta AI aumenta o potencial risco de deriva (Tabela 12).

Tabela 11 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150, AR e ID em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 04 (AIXR; TTI; ULD, AI e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR	ID
CV (%)	3,77	5,35	5,32	13,50
Teste F (PONTAS)	885,02*	1467,84*	63,35*	239,421*
Teste F (CALDAS)	7,35*	0,06	1,70	0,881
Interação (CALDA x PONTA)	0,55	7,19*	3,24*	0,788

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).
C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem

Tabela 12 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 04 para cada calda em relação ao percentual de gotas menores que 150 μm (V150) e amplitude relativa (AR). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Pontas	V150 (%)		AR	
	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G
TTI 04	8,22 Ca	8,55 Da	2,11 Aa	2,15 Ba
AITTJ 04	8,57 Ca	9,21 CDa	1,66 Ba	1,67 Ca
ULD 04	9,86 Ca	10,83 CDa	1,74 Ba	1,72 Ca
AI 04	27,00 Ba	24,34 Bb	2,18 Aa	2,11 Ba
AIXR 04	31,70 Aa	32,75 Aa	2,12 Ab	2,36 Aa

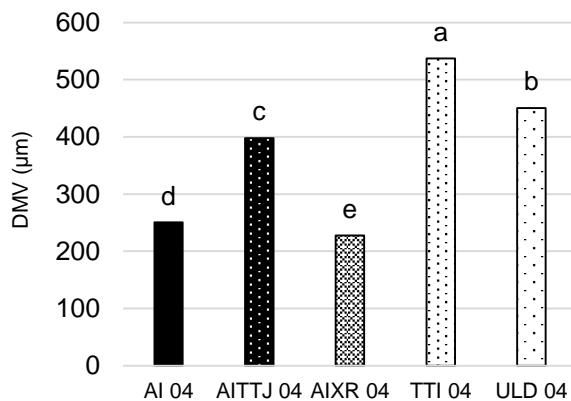
Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando o comportamento das diferentes formulações na interação com as pontas para a AR, observa-se que na ponta de pulverização AIXR a calda D+G proporcionou o menor valor de AR (Tabela 12).

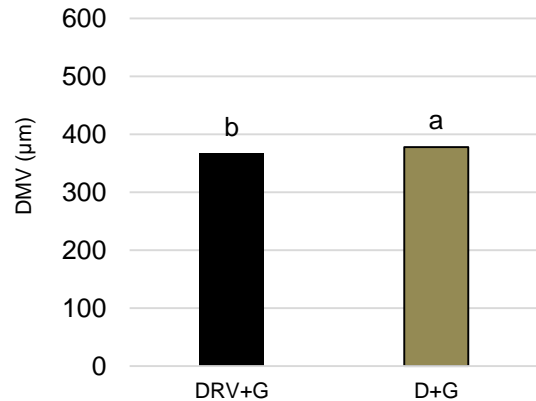
As pontas de pulverização apresentaram comportamento similar aos obtidos nos ensaios anteriores, com as pontas TTI, ULD e AITTJ apresentando os maiores

valores de DMV, quando comparado com as pontas AIXR e AI (Gráfico 11). Conforme o Gráfico 12 para análise individual de DMV as caldas apresentaram diferença entre si.

Gráficos 11 e 12 - Análise individual do DMV para pontas de vazão ISO 04 (11) e caldas (12). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹



(11)

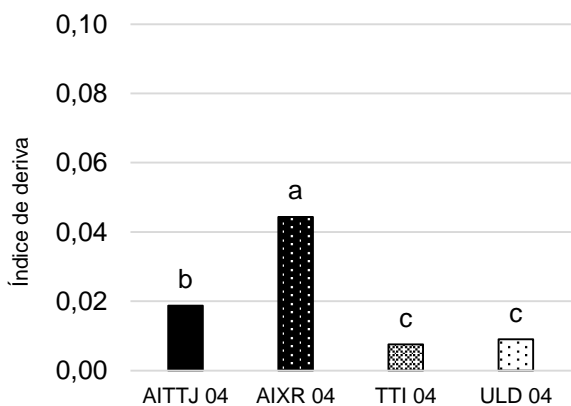


(12)

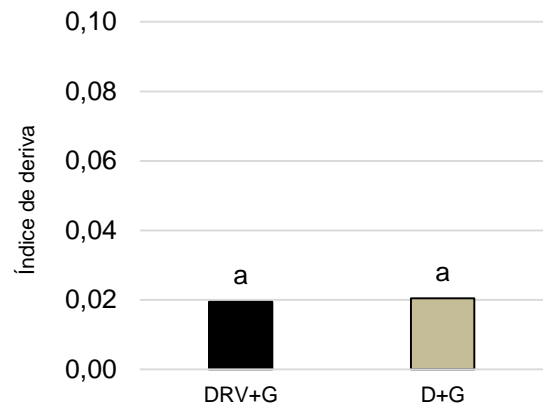
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na análise da deriva, as caldas não mostraram diferenças entre si, e as pontas apresentaram comportamento coerente com os dados de DMV e V150, onde a ponta AIXR foi aquela que apresentou o maior potencial de deriva (Gráficos 13 e 14).

Gráficos 13 e 14 - Análise individual do índice de deriva física (ID) para pontas de vazão ISO 04 (13) e caldas (14). Pressão 300 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹



(13)



(14)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

4.2.3 Ensaio 7: Pulverização com pressão de 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

A Tabela 13 mostra que houve interação entre calda e ponta apenas no parâmetro V150. Para o DMV, AR e ID, houve significância dos parâmetros isolados pontas e/ou caldas, mas a interação não foi identificada.

A Tabela 14 apresenta os desdobramentos das médias para o parâmetro V150, onde é possível observar a interação da ponta AITTJ com as diferentes caldas avaliadas. Apenas esta ponta apresentou diferença entre as formulações, onde a calda D+G proporcionou valor menor do V150. Este comportamento foi semelhante ao ocorrido nas pulverizações com as pontas de vazão ISO 02 na mesma pressão e diluição (Tabelas 6 e 14). Em geral, os menores valores de V150 foram obtidos pela ponta TTI 04.

Analisando separadamente os parâmetros DMV, AR e ID, que não apresentaram interação significativa entre os elementos caldas e pontas, nota-se que nos parâmetros DMV e ID o elemento calda não apresentou diferença estatística entre as duas formulações (Gráficos 16 e 20). Houve diferença no comportamento das caldas para o parâmetro de AR (Gráfico 18)

Entre as pontas avaliadas, a TTI 04 apresentou o maior DMV, indicando sua proposta de posicionamento como tecnologia de redução de deriva. Entretanto, ressalta-se que a ponta TTI 04 foi aquela que apresentou o maior valor de AR, indicativo de menor uniformidade do espectro de gotas.

Tabela 13 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150, AR e ID em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 04 (AIXR; TTI; ULD, AI e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR	ID
CV (%)	3,66	3,87	4,24	5,50
Teste F (PONTAS)	693,41*	1426,50*	40,52*	645,024*
Teste F (CALDAS)	1,64	8,84*	6,92*	0,053
Interação (CALDA x PONTA)	0,67	3,26*	0,76	0,987

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

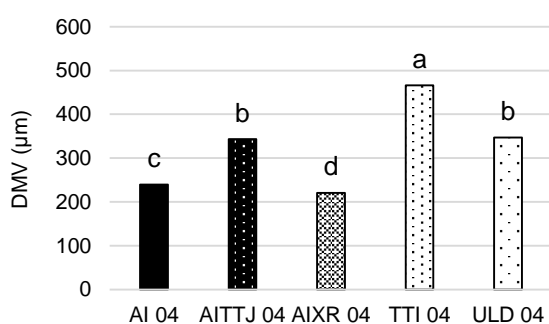
Tabela 14 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 04 para cada calda em relação ao percentual de gotas menores que 150 μm (V150). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹

Pontas	V150 (%)	
	D+G	DRV+G
TTI 04	10,94 Da	11,53 Da
AITTJ 04	11,95 Db	13,95 Ca
ULD 04	15,16 Ca	15,23 Ca
AI 04	25,58 Ba	25,37 Ba
AIXR 04	31,60 Aa	32,31 Aa

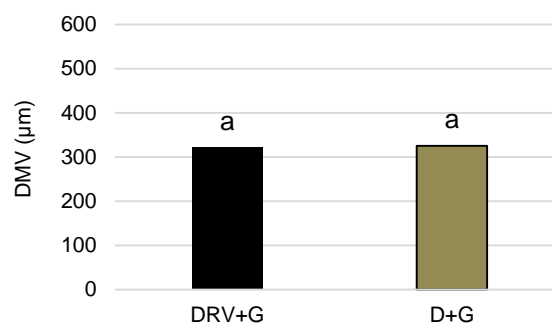
Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A ponta AITTJ 04 não apresentou diferença comparada a ponta ULD 04 nos valores de DMV, porém quando analisado os percentuais de no índice de deriva, a diferença entre estas pontas é acentuada. A ponta de pulverização ULD 04 proporcionou menor percentual de deriva comparada a ponta AITTJ 04. Este comportamento ressalta a importância da análise de mais de um fator, para determinar a composição de um cenário de pulverização com menor potencial de risco de deriva.

Gráficos 15 e 16 - Análise individual do DMV para pontas de vazão ISO 04 (15) e caldas (16). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



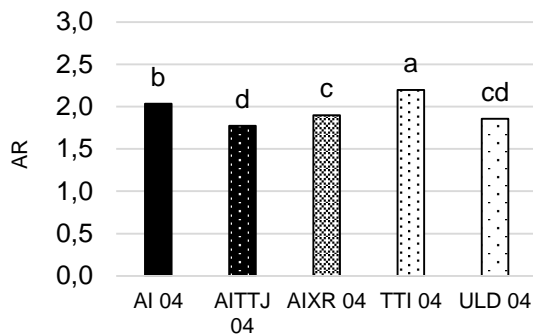
(15)



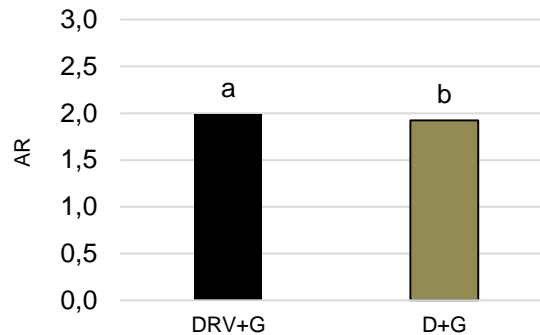
(16)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Gráficos 17 e 18 - Análise individual da AR para pontas de vazão ISO 04 (17) e caldas (18). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



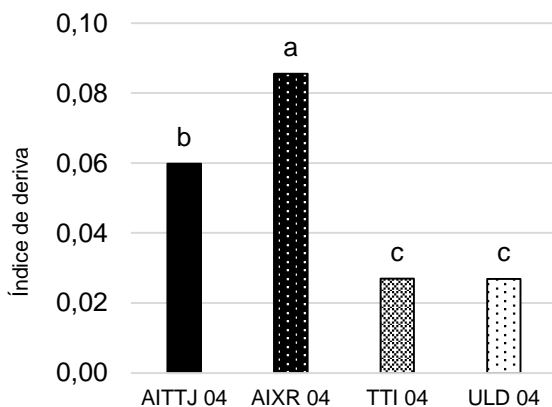
(17)



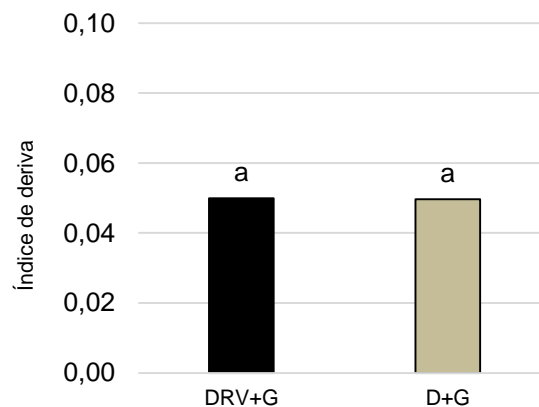
(18)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Gráficos 19 e 20 - Análise individual do Índice de Deriva Física (ID) para pontas de vazão ISO 04 (19) e caldas (20). As barras de erro indicam o Intervalo de Confiança (IC 95%). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 50 L ha⁻¹



(19)



(20)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

4.2.4 Ensaio 8: Pulverização com pressão de a 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹.

Na Tabela 15 observa-se a interação dos elementos caldas e pontas para os parâmetros de DMV e V150. Esta interação é analisada através do desdobramento das médias que compõem a Tabela 16. No caso da AR e o ID, onde não houve interação significativa, as análises serão interpretadas através dos Gráficos 21 e 22, 23 e 24.

Tabela 15 - Análise estatística das variáveis: DMV, V150, AR e ID em relação as pontas de pulverização de vazão ISO 04 (AIXR; TTI; ULD, AI e AITTJ) e caldas da pulverização (D+G e DRV+G). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

Fatores de Variação	DMV (μm)	V150 (%)	AR	ID
CV (%)	3,11	5,14	4,39	6,75
Teste F (PONTAS)	888,33*	814,24*	26,95*	503,472*
Teste F (CALDAS)	16,41*	19,79*	14,13*	0,085
Interação (CALDA x PONTA)	2,67*	19,49*	2,25	0,834

Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem

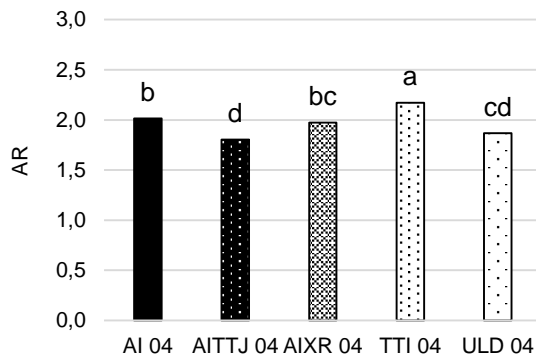
Através da análise das médias na Tabela 16, pode-se observar que para as pontas de vazão ISO 04, a 600 kPa e 100 L ha⁻¹, a ponta ULD apresentou diferença entre as formulações para DMV e V150, onde a formulação DRV+G obteve os valores com maior potencial risco de deriva. Novamente, a ponta AI apresentou resultado com menor potencial de deriva na formulação DRV+G, com base nos valores do V150. Ainda, a ponta AIXR e AITTJ sofreram interferência nos valores do V150 para as diferentes formulações. Nestes casos, a calda DRV+G obteve o maior V150, se comparada a calda D+G, indicando uma interação com maior potencial de deriva.

Tabela 16 - Desdobramento das médias para as pontas de pulverização de vazão ISO 04 para cada calda em relação ao diâmetro mediano volumétrico (DMV) e ao percentual de gotas menores que 150 μm (V150). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹

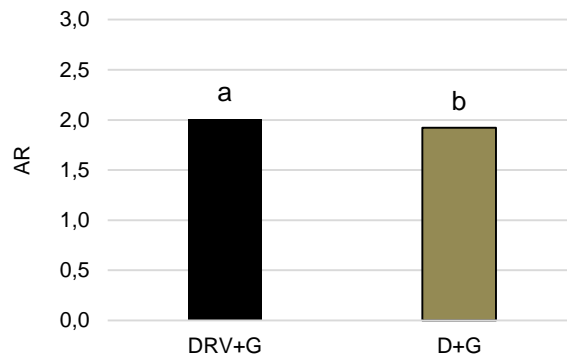
Pontas	DMV		V150	
	D+G	DRV+G	D+G	DRV+G
TTI 04	457,50 Aa	445,12 Aa	11,26 Da	11,51 Da
AITTJ 04	343,42 Ca	340,90 Ba	13,04 Cb	14,64 Ca
ULD 04	373,33 Ba	345,24 Bb	11,50 CDb	15,80 Ca
AI 04	246,58 Da	243,64 Ca	25,58 Ba	22,73 Bb
AIXR 04	221,60 Ea	210,10 Da	30,69 Ab	33,56 Aa

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Gráficos 21 e 22 - Análise da AR para pontas de vazão ISO 04 (21) e caldas (22). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹



(21)



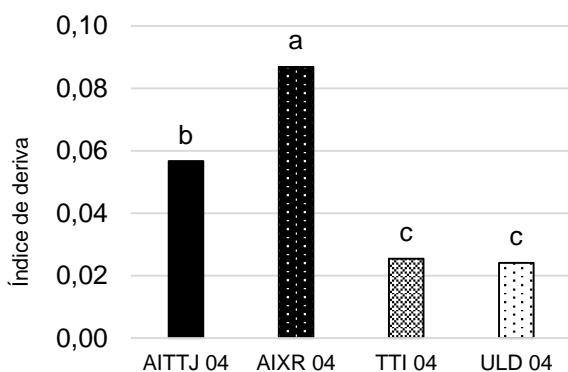
(22)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

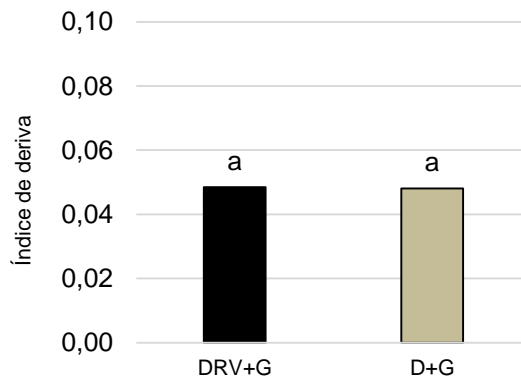
Observa-se nos Gráficos 21 e 22 que as formulações diferiram quanto a AR, sendo que a calda D+G se apresentou com o menor valor. Entre as pontas, a ULD e AITTJ foram as que apresentaram os menores valores de AR, sem diferença estatística entre elas.

O Gráfico 23 e 24 mostram que não houve diferença entre as caldas para o parâmetro de índice de deriva, e o comportamento das pontas foi similar ao encontrado em várias das condições de pulverização avaliadas nesta pesquisa. A ponta AIXR apresentou o maior índice percentual de deriva, seguida da ponta AITTJ. As pontas ULD e TTI apresentaram os menores valores de deriva e não diferem estatisticamente entre si.

Gráfico 23 e 24 - Análise individual do índice de deriva física (ID) para pontas de vazão ISO 04 (23) e caldas (24). Pressão 600 kPa e diluição equivalente a 100 L ha⁻¹



(23)



(24)

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

5 DISCUSSÃO

Os Quadros de 7 a 9 visam um melhor entendimento do comportamento dos dados. No quadro 7 é apresentada uma contabilização dos ensaios em que se constatou a interação entre elementos no fatorial "Pontas x Caldas". Observa-se claramente que, em 100% dos ensaios, foi encontrada a interação significativa entre pontas e caldas para o V150. É seguro afirmar que, para a formação de gotas menores que compõem os valores do V150, deve ser esperada uma interação entre as caldas e as pontas. O V150 de uma determinada ponta de pulverização sempre será em função das caldas pulverizadas, e vice-versa.

Embora diversos autores (MILLER e BUTLER ELLIS, 2000; STAINIER et al., 2006; HILZ e VERMEER, 2013; BERNA R., 2017; ALVES et al., 2017) descreveram em pesquisas anteriores quão importante é a interação entre o desempenho da ponta e a calda de pulverização, os resultados obtidos nesta pesquisa nos revelam o percentual de gotas mais finas (V150) como o parâmetro avaliado que demonstrou a resposta desta interação significativa de forma mais relevante.

Quadro 7 - Interação "Pontas x Caldas" para cada um dos fatores avaliados, dentro de cada tamanho de orifício das pontas (ISO 02 e ISO 04) e para cada combinação de pressão com a diluição da calda.

Pressão (kPa)	Diluição da calda (L ha ⁻¹)	DMV		V150		AR		ID
		02	04	02	04	02	04	04
300	50	X		X	X	X		
300	100	X		X	X	X	X	
600	50			X	X	X		
600	100		X	X	X	X		

Mesmo considerando o número limitado de ensaios avaliados neste trabalho, houve uma clara tendência do V150 ser o fator que melhor mostrou o efeito de interação entre a ponta e a calda de pulverização para a aplicação de dicamba mais glyphosate com pontas de indução de ar. A interação entre a ponta e a calda que interfere nos valores do V150, reflete diretamente no campo durante as pulverizações com diferentes escolhas de produtos e modelos de pontas. O conhecimento do percentual de gotas deriváveis formadas através desta interação torna a escolha da

ponta e da calda determinante para diminuir as gotas menores que causam grandes prejuízos pela deriva.

Este resultado confirma a grande relevância de análises para a escolha correta de uma técnica de redução de deriva (TRD), pois o percentual do volume de gotas com diâmetro menor que 150 μm apresentam correlação direta com o potencial aumento da deriva durante uma aplicação (MILLER, 2003).

A interação “Calda x Ponta” ocorreu em apenas parte dos ensaios para os parâmetros avaliados de DMV e AR. Houve interação significativa entre as pontas e as caldas em 62,5% dos ensaios quando se analisou a AR e apenas 37,5% dos ensaios se o parâmetro de espectro de gotas escolhido foi o DMV.

Quando o valor de AR se torna menor, isso significa que os diâmetros das gotas são menos diferentes entre si, e este comportamento é conhecido por aumentar a eficácia biológica dos herbicidas porque demonstra equilíbrio e uniformidade (CREECH, C.F., et al., 2015). No caso da AR, a interação entre os fatores ocorreu para todos os ensaios das pontas de menor orifício (ISO 02), mas no caso das pontas de maior tamanho de orifício a interação entre fatores ocorreu apenas para a situação onde havia 300 kPa e 100 L ha⁻¹.

As diferenças dos resultados entre as pontas de vazão ISO 02 e 04 para a AR pode estar relacionada ao aumento do orifício de saída das pontas, o que proporciona menor quebra do líquido. Entretanto, houve interação entre calda e ponta para o parâmetro V150 com todas as pontas de vazão ISO 04 e, ainda, em algumas outras situações pontuais. Desta forma, os dados obtidos neste trabalho não puderam gerar um entendimento conclusivo no que se refere a uma potencial influência da vazão nominal das pontas na interação entre caldas e pontas.

Para o DMV, observou-se que a interação entre pontas e caldas ocorreu apenas nas pressões mais baixas para as pontas, enquanto para as pontas de vazão ISO 04 esta interação foi significativa apenas para a situação onde a pressão era 600 kPa com diluição equivalente a 100 L ha⁻¹. Por fim, quando o ID foi o fator de avaliação não houve interações significativas entre “Ponta x Calda” entre os ensaios.

Para Ferguson et al., (2015) o design das pontas de pulverização e as propriedades que compõem a calda de pulverização possuem um efeito em conjunto na formação de gotas durante o processo de pulverização. Por esta razão, um conjunto de elementos deve ser considerado no desenvolvimento de estratégias que diminuam a deriva.

Para melhor compreensão do desempenho de um sistema de pulverização com relação ao seu real potencial de deriva, Antuniassi et al., (2014) e Alves et al., (2017) discorrem sobre a importância de integrar diferentes análises em conjunto, onde além do espectro de gotas e deriva em túnel de vento, deve-se buscar resultados em experimentos de campo.

Os Quadros 8 e 9 apontam as situações de pulverização onde se obteve a significância isolada para as pontas e para as caldas, respectivamente, sem a constatação de interação entre os fatores caldas e pontas. No Quadro 8, o ID em todas as situações de pulverização foi significativo na ANOVA para o fator ponta, diferente das análises de interação entre elementos no fatorial "pontas x caldas", revelando que a ponta é um fator preponderante para a definição do ID obtido da pulverização de dicamba mais glyphosate com pontas de indução de ar.

Quadro 8 - Significância estatística para o fator "Pontas" para cada um dos fatores avaliados, dentro de cada tamanho de orifício das pontas (ISO 02 ou 04) e para cada combinação de pressão com a diluição da calda

Pressão (kPa)	Diluição da calda (L ha ⁻¹)	DMV		V150		AR		ID
		02	04	02	04	02	04	04
300	50		X				X	X
300	100		X					X
600	50	X	X				X	X
600	100	X					X	X

No caso do DMV, observa-se no Quadro 8 ainda, a maioria (62,5%) das situações de pulverização apresentou significância para o fator pontas, dos 5 ensaios que foram significativos, 3 foram com as pontas de maior tamanho de orifício. Os resultados para AR foram significativos para o fator pontas em 37,5% dos ensaios em que a AR foi o parâmetro avaliado.

O Quadro 9 mostra que não foram observadas situações onde o fator calda tenha sido significativo para o ID de maneira isolada, o que sacramenta a importância das pontas na definição de um índice de deriva (MILLER e BUTLER ELLIS, 2000; STAINIER et al., 2006; HILZ e VERMEER, 2013). O fator calda por si só foi menos proeminente, uma vez que foi o fator significativo em 37,5% dos ensaios em que o DMV era parâmetro avaliado e em 25% daqueles em que o AR foi o fator avaliado.

Nenhum dos ensaios teve a calda sozinha como um fator significativo se apenas o V150 e o ID fossem os fatores avaliados.

Quadro 9 - Ensaios onde foram constatadas a significância estatística para o fator "Calda" para cada um dos fatores avaliados, dentro de cada vazão de ponta (ISO 02 ou 04) e para cada combinação de pressão com a diluição da calda

Pressão (kPa)	Diluição da calda (L ha ⁻¹)	DMV		V150		AR		ID
		02	04	02	04	02	04	04
300	50							
300	100		X					
600	50	X					X	
600	100	X					X	

Tomando-se como base a premissa de que a tecnologia de aplicação para as caldas com o herbicida auxínico dicamba deve priorizar o potencial de seu papel como Técnico de Redução de Deriva (TRD), o Quadro 10 apresenta um resumo indicando qual a ponta de pulverização representou a melhor técnica de redução de deriva dentro de cada grupo dividido pelo tamanho de orifício da ponta (ISO 02 ou 04) e para cada combinação de pressão com a diluição da calda.

Os grandes volumes de gotas finas geralmente produzem mais deriva (COMBELLACK et al., 1996; ANTUNIASSI et al., 2014). No Quadro 10, a seleção das pontas apresentadas levou em consideração que a melhor técnica de redução de deriva representa a técnica com o maior DMV, menor V150 e menor ID. No caso de ser destacada mais de uma ponta, isso indica que houve igualdade estatística entre elas.

Através desta perspectiva, é notório que a ponta TTI representa a melhor técnica de redução de deriva para a aplicação de dicamba mais glyphosate, pois em todos os conjuntos de dados a ponta TTI sempre esteve com o maior DMV, o menor V150 e o menor ID. Alves et al., (2017) obteve resultado semelhante aplicando caldas com o herbicida dicamba mais glyphosate, onde a ponta TTI apresentou menor o potencial de deriva em túnel de vento.

Quadro 10 - Indicação das pontas que ofereceram a melhor condição de redução do risco de deriva (maior DMV, menor V150 ou menor ID), dentro de cada vazão de ponta (ISO 02 ou 04) e para cada combinação de pressão com a diluição da calda

Pressão (kPa)	Diluição da calda (L ha ⁻¹)	Maior DMV		Menor V150		Menor deriva
		02	04	02	04	04
300	50	TTI	TTI	TTI	TTI / AITTJ	TTI / ULD
300	100	TTI	TTI	TTI	TTI / AITTJ	TTI / ULD
600	50	TTI	TTI	TTI / AITTJ	TTI / AITTJ	TTI / ULD
600	100	TTI	TTI	TTI	TTI / AITTJ	TTI / ULD

Embora o uso de gotas maiores possibilite a redução de perdas por deriva, diferentes autores discorrem sobre os impactos do tamanho das gotas na eficácia sistêmica do herbicida, onde esta relação poderá ser complicada especialmente quando se considera misturas de herbicidas como dicamba mais glyphosate. No entanto, o gerenciamento de plantas daninhas e locais específicos podem colaborar com maior eficiência dos herbicidas através do melhor tamanho de gota que possibilite um controle eficiente e com segurança durante a aplicação (TIAN et al.,1999; WILKERSON et al.,2004).

Butts et al., (2019) realizaram um trabalho em áreas nas quais a resistência a herbicidas é uma preocupação. Os pesquisadores estudaram o impacto do tamanho de gota na eficiência de aplicações de caldas compostas por dicamba e glyphosate. Os resultados apontaram para o uso de pontas que produzam tamanho de gotas com classificação entre grossa a extremamente grossa quando aplicada a 94 L ha⁻¹, para limitar as consequências negativas de reação antagônica dos herbicidas no controle de plantas daninhas resistentes.

Entretanto, é importante notar que para as pontas com orifício de tamanho ISO 04, na análise do V150 houve empate estatístico com a ponta AITTJ, e para a o ID o empate estatístico foi com a ponta ULD. Isto significa que, dependendo do fator analisado, a ponta TTI poderia ter concorrentes com desempenho estatisticamente similar. Como exemplo, se o parâmetro primordial de avaliação da técnica de redução de deriva é o V150 (como ocorre primariamente nos EUA), a ponta AITTJ poderia ser considerada similar à TTI para o orifício ISO 04. Por outro lado, se o índice de deriva

física (ID) fosse o parâmetro de avaliação escolhido preferencialmente (como ocorre na Europa), a ponta ULD seria tão bem avaliada em termos de técnica de redução de deriva quanto a ponta TTI.

Esta similaridade de respostas em algumas situações demonstra mais uma vez que, de preferência, a avaliação de uma técnica de redução de deriva deve levar em consideração todos os parâmetros disponíveis (DMV, V150 e ID), não devendo ser focada apenas em um ou outro parâmetro isolado.

O mesmo raciocínio foi utilizado para escolher qual a formulação de dicamba seria considerada como melhor técnica de redução de deriva frente aos resultados obtidos (Quadro 11). Observa-se, neste caso, que a calda D+G aparece na maioria das condições de pulverização como aquela que apresenta o menor risco de deriva, havendo ainda diversas situações onde ambas as formulações apresentam empate estatístico.

Quadro 11 - Indicação das caldas (D+G e DRV+G) que ofereceram a melhor condição de redução do risco de deriva (maior DMV, menor V150 ou menor ID), dentro de cada vazão de ponta (ISO 02 ou 04) e para cada combinação de pressão com diluição da calda

Pressão (kPa)	Diluição da calda (L ha ⁻¹)	Maior DMV		Menor V150		Menor ID
		02	04	02	04	04
		300	50	D+G	D+G / DRV+G	D+G
300	100	D+G	D+G	D+G	DRV+G	D+G / DRV+G
600	50	D+G	D+G / DRV+G	D+G	DRV+G	D+G / DRV+G
600	100	D+G	D+G	D+G	D+G / DRV+G	D+G / DRV+G

Apenas em 15% das análises a calda DRV+G se mostrou a melhor técnica de redução de deriva isoladamente. Neste caso, algumas tendências podem ser consideradas: a calda D+G foi a melhor opção de técnica de redução de deriva em todas as análises de DMV e V150 para as pontas de vazão ISO 02, enquanto que para as pontas de vazão ISO 04 houve casos em que ocorreu empate estatístico, assim como algumas combinações que indicaram a calda DRV+G como a melhor técnica de redução de deriva. Por outro lado, houve empate estatístico entre as formulações para todas as combinações de pressão e diluição da calda quando o parâmetro avaliado foi o ID.

Esses resultados confirmam discussões e resultados fornecidos Butler-Ellis e Miller et al., (2001) que descrevem a influência significativa nos espectros de gotas e também no potencial de deriva proporcionado por formulações de produtos fitossanitários e adjuvantes contidos na solução de pulverização. Segundo Hilz e Vermeer (2013) esta influência ocorre principalmente devido às propriedades físicas das soluções, que influenciam o processo de formação de gotas.

Oliveira (2011) e Carvalho (2016) também sugerem que a concentração da formulação na calda de pulverização tem impacto no espectro de gotas e nas características físico-químicas das caldas.

De maneira geral, esta análise mostra que é necessário aprofundar o estudo comparativo entre as formulações para que sejam geradas mais evidências da existência ou não de um melhor desempenho como técnica de redução de deriva entre as caldas D+G e DRV+G.

Como considerações finais, os resultados globais deste trabalho mostram que é necessário aprofundar o estudo comparativo entre as formulações para que sejam geradas mais evidências da existência ou não de um melhor desempenho como técnica de redução de deriva entre as formulações de dicamba sal diglicolamina com e sem a tecnologia VaporGrip.

Houve interação significativa entre as pontas e as caldas na maioria das análises realizadas, com destaque para o V150, onde esta interação significativa ocorreu em todas as combinações de pressão e diluição de calda avaliadas. Este fato reforça a hipótese de que o desempenho das pontas depende das caldas pulverizadas. Sendo assim, a calda interfere no desempenho da ponta de pulverização.

O conhecimento da influência da calda no desempenho das pontas de pulverização e conseqüentemente formação das gotas, revela possíveis problemas que possam ocorrer durante as aplicações no campo. As misturas de diferentes produtos fitossanitários no tanque de pulverização ocasionam mudanças físicas e químicas na calda que influenciarão na formação das gotas mais finas e por esta razão é essencial que se estude e conheça o comportamento das possíveis misturas que acontecerão no campo com o herbicida dicamba.

Mesmo considerando o foco específico desta pesquisa nas misturas de dicamba mais glyphosate e pontas de indução de ar, os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o uso do V150 como fator para analisar o desempenho

de um técnica de redução de deriva leva a uma tendência de enfatizar a importância das interações entre as pontas e caldas de pulverização para a aplicação de misturas de dicamba mais glyphosate com pontas de indução de ar.

As diferenças de comportamento entre os tratamentos, nas diversas combinações, mostraram que não se deve priorizar apenas um parâmetro de seleção para a técnica de redução de deriva, visto que DMV, V150 e ID por muitas vezes indicaram caminhos diferentes na seleção da melhor técnica de redução de deriva quando analisados de maneira isolada.

6 CONCLUSÕES

Houve interação significativa entre as pontas e as caldas na maioria das análises realizadas, com destaque para o percentual do volume de gotas com diâmetros menores ou iguais a 150 μm (V150), onde a interação significativa ocorreu em todas as combinações de pressão e diluição de calda avaliadas. Para as análises onde não houve esta interação significativa, o fator ponta foi significativo em um maior número de análises.

O uso do V150 como fator para analisar o desempenho de uma técnica de redução de deriva enfatizou a importância das interações entre pontas e caldas na pulverização de misturas de dicamba com glyphosate utilizando pontas com indução de ar.

A ponta de pulverização TTI ofereceu o melhor desempenho dentro do conceito de redução do risco de deriva, considerando todos os parâmetros avaliados. Apenas para o índice de deriva física em túnel de vento a ponta ULD 12004 mostrou desempenho similar a ponta TTI 11004.

REFERÊNCIAS

- Adegas FS, Vargas L, Gazziero DL, Karam D, Silva AF, Agostinetto D (2017) Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Embrapa Soja Circular Técnica no. 132. Londrina, Brazil: **Embrapa Soja**. 12 p
- Alves, GS, Kruger, GR, da Cunha, JPAR, Vieira, BC, Henry, RS, Obradovic, A, Grujic, M (2017b) Spray drift from dicamba and glyphosate applications in a wind tunnel. **Weed Technol** 31:387–395
- Antuniassi UR, Mota AAB, Checheto RG, Carvalho FK, Jesus MG, Gandolfo UD (2014) Correlation between drift and droplet spectra generated by flat-fan nozzles. **Asp Appl Biol** 122:371–376
- Antuniassi, U. R. Tecnologia de aplicação para a cultura do algodão. In: BELOT, J.-L. (Ed.). Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso. 1 ed. Cuiabá: **IMAmt e Ampa**, 2013. p 100-107.
- [ASABE] American Society of Agricultural and Biological Engineers (2009) Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, MI: **ASABE Standard S572.1**. Pp 1–3
- Behrens, R. and W. E. Lueschen. 1979. Dicamba volatility. **Weed Sci.** 27:486-493
- Behrens MR, Mutlu N, Chakraborty S, Dumitru R, Jiang WZ, LaVallee BJ, Herman PL, Clemente TE, Weeks DP (2007) Dicamba resistance: Enlarging and preserving biotechnology-based weed management strategies. *Science* 316:1185–1188
- Brookes G, Barfoot P (2009) Global impact of biotech crops: Income and production effects 1996–2007. **AgBioForum**, 12(2), 184–208
- Behrens, M.R., N. Mutlu, S. Chakraborty, R. Dumitru, W.Z. Jiang, B.J. LaVallee et al. 2007. Dicamba resistance: Enlarging and preserving biotechnology-based weed management strategies. *Science* (Washington, DC) 316:1185–1188. doi:10.1126/science.1141596
- Berna, R. Espectro de gotas geradas por ponta de jato plano de impacto para aplicação aérea na presença de adjuvantes em caldas de pulverização. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2017.
- Bhatti, M.A. et al. 1996. Wine grape response to repeated exposure of selected sulfonylurea herbicides and 2,4-D. **Weed Technol.** 10:951-956.
- Bird S.L., Esterly D.M., Perry G. 1996. Off-target deposition of pesticides from agricultural aerial spray applications. *J. Environ. Quality* 25 (5): 1095–1104.
- Bode L (1987) Spray application technology. Pages 85–110 in McWhorter CG, Gebhardt MR, eds. **Methods of Applying Herbicides**. Champaign, IL: WSSA Monograph 4

Bouse L.F., Carlton J.B., Jank P.C. 1988. Effect of water soluble polymers on spray droplet size. **Trans. ASAE** 31 (6): 1633– 1641, 1648.

Bradley KW (2017) A Final Report on Dicamba-injured Soybean Acres. https://ipm.missouri.edu/IPCM/2017/10/final_report_dicamba_injured_soybean. Accessed: Oct 2019

Brazes RD, Reichard DL, Bukovac MJ, Fox RD (1991) A partitioned energy transfer model for spray impaction on plants. **J Agric Eng Res** 50:11–24

Brookes, G; Barfoot, P. GM crops: Global socio-economic and environmental impacts 1996-2015. **Dorchester: PG economics**, 2017. 201p.

Bunch T, Gervais J (2012) Dicamba technical fact sheet. http://npic.orst.edu/factsheets/archive/dicamba_tech.html. Accessed: september 9, 2018

Butler Ellis MC, Tuck CR, Miller PCH (2001) How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids Surf A Physicochem Eng Asp** 180:267–276

Butts TR, Samples CA, Franca LX, Dodds DM, Reynolds DB, Adams JW, Zollinger K, Howatt KA, Fritz BK, Clint Hoffmann W, Luck JD, Kruger GR (2019) Droplet size impact on efficacy of a dicambaplus- glyphosate mixture. **Weed Technol** 33:66–74.

Cao M, Sato SJ, Behrens M, Jiang WZ, Clemente TE, Weeks DP (2011) Genetic engineering of maize (*Zea mays*) for high-level tolerance to treatment with the herbicide dicamba. **J Agric Food Chem** 59:5830-5834

Carlsen S.C.K., Spliid N.H., Scensmark B. 2006. drift of 10 herbicides after tractor spray application: 2. Primary Drift (droplet drift). *Chemosphere* 64 (5): 778–786.

Carvalho, F. K. Viscosidade, tensão superficial e tamanho de gotas em caldas com formulações de inseticida e fungicida. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016.

Chechetto, R. G.; Antuniassi, U. R.; Mota, A.A.B.; Carvalho, F.K.; Silva, A.C.A.; Vilela, C.M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. *Semana: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

Combella JH, Western NM, Richardson RG (1996) A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Prot** 15:147–152

Creech, CF, Henry, RS, Fritz, BK, Kruger, GR (2015) Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. **Weed Technol** 29:298–310

Cremlyn RJ (1991) *Agrochemicals: Preparation and mode of action*. John Wiley and Sons, Inc. Chichester, UK Pp. 225-226

Devine, M., S.O. Duke, and C. Fedtke. 1993. *Physiology of herbicide action*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff, NJ. p.5.

Dumitru R, Jiang WZ, Weeks DP, Wilson MA (2009) Crystal structure of dicamba monooxygenase: a Rieske nonheme oxygenase that catalyzes oxidative demethylation. *J Mol Biol* 392:498-510

Ebert T, Downer R (2008) Insecticide application: the dose transfer process. Pages 1958–1974 in *apinera* JL, ed. **Encyclopedia of Entomology**. New York: Kluwer-Academic

E. Butler, M. C. Miller, and P. C. H. Miller . 2001. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of spray produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. *Colloids Interfaces A: Physiochem Eng Asp* 180:267–276.

Egan, JF, Barlow, KM, Mortensen, DA (2014) A meta-analysis on the effects of 2,4-D and dicamba drift on soybean and cotton. **Weed Sci** 62:193–206

Emily Unglesbee (2018) Soybeans: 7 Herbicide-Tolerant Traits Available – Which to Pick? <<https://agfaxweedsolutions.com/2019/10/22/soybeans-7-herbicide-tolerant-traits-available-which-to-pick/>> Acesso: 15 Novembro 2019

[EPA] US Environmental Protection Agency (2016) EPA extends comment period on proposed decision to register dicamba for use on genetically-engineered crop. <<http://www.epa.gov/ingredientsused-pesticide-products/epa-extends-comment-period-proposeddecision-register-dicamba>>. Accessed July 5, 2016

Etheridge RE, Womac AR, Mueller TC (1999) Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technol** 13:765–770

Everitt, J.D. and J.W. Keeling. 2009. Cotton growth and yield response to simulated 2,4-D and dicamba drift. **Weed Technol**. 23:503-506.

Franz JE, Mao MK, Sikorski JA (1997) *Glyphosate: A unique global herbicide*. **American Chemical Society**. Washington D.C.

Gandolfo, M.A. *Inspeção periódica de pulverizados agrícolas*. 2002. 92f. **Tese** Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Hartzler B (2017) Dicamba drift – Why now? Two reasons in Iowa; Multiple reasons in Midsouth. <<https://agfax.com/2017/07/14/dicamba-why-are-xtend-soybeans-generating-drift-issues>>. Accessed: 08 de Novembro 2019

Heap, I. (2013). *International survey of herbicide resistant weeds*. <http://www.weedscience.org/In.asp>. Acessado: 13 de novembro de 2019.

Heap I (2018) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.com>. Acessado: 30 de outubro de 2019.

Heap, I. (2019). International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/In.asp>. Acessado: 18 de novembro de 2019.

Heap, I. (2020). International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/In.asp>. Acessado: 12 de abril de 2020.

Hewitt A.J. 1997. The importance of droplet size in agricultural spraying. *Atomization and Sprays* 7 (3): 235–244.

Hewitt AJ (2000) Spray drift: impact of requirements to protect the environment. *Crop Prot* 19:623–627

Hilz, E.; Vermeer, A. W. P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 44, p. 75–83, fev.2013.

Hoffmann WC, Fritz BK, Thornburg JW, Bagley WE, Birchfield NB, Ellenberger J (2010) Spray drift reduction evaluations of spray nozzles using a standardized testing protocol. *J ASTM Int* 7:1–8

Hydrick, D.E. and D.R. Shaw. 1994, Effects of tank-mix combinations of nonselective foliar and selective soil-applied herbicides on three weed species. **Weed Technol.** 8:129-133.

ISAAA Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2018. ISAAA Brief No. 54 (ISAAA, 2018).

ISAAA's GM. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, c2019. ISAAA's GM Approval Database. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/>> Acesso em: 01 de nov. de 2020.

James, C. 1997. Global Status of Transgenic Crops in 1997. *ISAAA Briefs* No. 5. ISAAA: Ithaca, NY. pp. 31.

Johnson, W. G, Young, B., Matthews, J., Marquardt, P., Slack, C., Bradley, K., & Smeda, R. (2010). Weed control in dicamba-resistant soybeans. *Crop Manag.* <http://dx.doi:10.1094/CM-2010-0920-01-RS>

Jordan, D.L., A.C. York, J.L. Griffin, P.A. Clay, P.R. Vidrine, and D.B. Reynolds. 1997. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technol.** 11:354-362.

Knoche M (1994) Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. **Crop Prot** 13:163– 178

Kovach J., Petzoldt C., Degni J., and Tette J.. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York Food and Life Sciences Bulletin Number 139.

Lawrence Journal Genetically Altered Potato Ok'd For Crops. (6 May 1995)
Vol.137/nº126. 1-44p.

Lemaux, P. (2008). "Genetically Engineered Plants and Foods: A Scientist's Analysis of the Issues (Part I)". **Annual Review of Plant Biology**. 59: 771–812.
[doi:10.1146/annurev.arplant.58.032806.103840](https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.58.032806.103840)

Lewis K, Tzilivakis J. Development of a Data Set of Pesticide Dissipation Rates in/on Various Plant Matrices for the Pesticide Properties Database (PPDB). Data. 2017;
doi.org/10.3390/data2030028

Lino, e. J.; kuwahara, m. K.; arias, c. A.; marcelino, f. C. In: jornada acadêmica da embrapa soja, 5., 2010, Londrina. Resumos... Londrina: **Embrapa Soja**, 2010. p. 53-57. (Embrapa Soja. Documentos, 323). Editado por Odilon Ferreira Saraiva, Paula Geron Saiz Melo.

Malty, J. S.; Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S. Efeitos do glifosato sobre microorganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 285-291, fev. 2006.

Marchi, S. R. et al. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 287–294, 2005.

Matthews GA, ed (2000) Pesticide Application Methods (3rd edn, Volume 1. London: **Blackwell Science**. 432 p

Miller, P. C. H. The measurement of spray drift. **Pesticide Outlook**, Burnham, v. 14, n. 5, p.205-209, nov. 2003. Disponível em: <<http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2003/po/b311466j>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

Miller, P. C. H.; Butler Ellis, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 19, n.8-10, p. 609–615, 2000.

Miller, P. C. H.; Butler-Ellis, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protec.**, v. 19, n. 8, p. 609-615, 2000.

Moreira, C. A. F. Espectro de gotas e deriva de diferentes formulações de 2,4-D e Glyphosate com pontas sem e com indução de ar. 2016. 63 f. **Tese** (Doutorado) – Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016.

Moreira Junior, O. Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas. 2009, 79 f. **Tese** (Doutorado em

Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009 .

Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Verboven, P., Sonck, B., 2010. Comparison between indirect and direct spray drift assessment methods. **Biosyst. Eng.** 105, 2–12

Oliveira, R. B. Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas. Botucatu, 2011. 122 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

O'Sullivan, P.A. and J. T. O'Donovan. 1980. Interactions between glyphosate and various herbicides for broadleaf weed control. **Weed Res.** 10:255- 260.

Ozkan, H. E. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. **Food, Agricultural and Biological Engineering.** AEX 525-98, 1998.

Owen, M.D.K. 2000. Current use of transgenic herbicide-resistant soybean and corn in the USA. **Crop Prot.** 19:765-771.

PALLADINI, L. A. Metodologia para a avaliação da deposição em pulverizações. 2000. 110 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

Parker, G.P., A.C. York, and D.L. Jordan. 2006. Weed control in glyphosate-resistant corn as affected by preemergence herbicide and timing of postemergence herbicide application. **Weed Technol.** 20:564-570.

Peterson, M. A., Simpson, D. M., Cui, C., Scherder, E. F., Ruen, D. C., Ellis, J. M., Wright, T. R. (2009). Performance of Dow Agrosiences herbicide tolerance trait in corn. Proc. **North Central Weed Sci. Soc. Meeting.** Kansas City, MO. 64, 11.

Powles, S. B. and C. Preston. 2006. Evolved glyphosate resistance in plants: Biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technol.** 20:282-289.

Selleck, G.W. and D.D. Baird. 1981. Antagonism of glyphosate and residual herbicide combinations. **Weed Sci.** 29:185-190.

Shaner DL, ed. (2014) Herbicide Handbook. 10th ed. Lawrence, KS: **Weed Sci Soc of Amer** Pp 139

Simpson, D. M., Ruen, D. C., Scherder, E. F., Peterson, M. A., Ditmarsen, S, Ellis, J. M., Ellis, D. T. (2009). Performance of Dow Agrosiences herbicide tolerance trait in soybean. Proc. **North Central Weed Sci. Soc. Meeting.** Kansas City, MO., 64, 120.

Solomon CB, Bradley KW (2014) Influence of application timings and sublethal rates of synthetic auxin herbicides on soybean. **Weed Technol** 28:454–464

Spaunhorst, D.J., Siefert-Higgins, S., and Bradley, K.W. 2014. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) and waterhemp (*Amaranthus rudis*) management in dicamba-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.** 28: 131–141.

Spillman JJ (1984) Spray impaction, retention and adhesion: an introduction to basic characteristics. **Pestic Sci** 15:97–106

Suys, Ozturkl, Cakmaki&Budakh (2009) Turfgrass species response exposed to increasing rates of glyphosate application. **European Journal of Agronomy** 31, 120–125.

Stainier, C.; Destain, M. F.; Schiffers, B.; Lebeau, F. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvant mixtures. **Crop Protection**, v. 25, n. 12, p. 1238-1243, 2006.

Subramanian, K. S., Charest, C., Dwyer, L. M., & Hamilton, R. I. (1997). Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. **Canadian Journal of Botany**, 75(9), 1582-1591.

Syngenta US News. Syngenta-US, 2019. Syngenta announces EPA registration of dicamba herbicide Tavium Plus VaporGrip Technology. Disponível em: <https://www.syngenta-us.com/newsroom/news_release_detail.aspx?id=209933>. Acesso em: 18 de out. de 2019.

Taylor WA, Womac AR, Miller PCH, Taylor BP (2004) An attempt to relate drop size to drift risk. Pages 210–223 in Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management. Pullman, WA: Washington State University

Tian, L, Reid, J, Hummel, J (1999) Development of a precision sprayer for site-specific weed management. **T ASAE** 42:893–900

Ucar T., Hall F.R. 2001. Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review. **Pest Manag. Sci.** 57 (8): 663–675.

[USDA-NASS] U.S. Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service (2017) Quick Stats. <https://quickstats.nass.usda.gov>. Accessed: May Out 2019

Vangessel MJ, Ayeni AO, Majek BA (2000) Optimum glyphosate timing with or without residual herbicides in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) under full-season conventional tillage. **Weed Technol** 14:140–149

Van Wely, A.C., Soltani, N., Robinson, D.E., Hooker, D.C., Lawton, M.B., and Ikkema, P.H. 2015. Glyphosate-resistant common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) control with postemergence herbicides and glyphosate dose response in soybean in Ontario. **Weed Technol.**

Velini E.D.; et al. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, 1995. 42p.

Vink, J.P., Soltani, N., Robinson, D.E., Tardif, F.J., Lawton, M.B., and Sikkema, P.H. 2012. Glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) control in dicamba-tolerant soybean. **Weed Technol.** 26: 422–428

Weidenhamer JD, Triplett GB, Sobotka FE (1989) Dicamba injury to soybean. **Agron J** 81:637 643

Wilkerson, GG, Price, AJ, Bennett, AC, Krueger, DW, Roberson, GT, Robinson, BL (2004) Evaluating the potential for site-specific herbicide application in soybean. **Weed Technol** 18:1101–1110

Wolf T.M., Grover R., Wallace K., Shewchuk S.R., Maybank J. 1993. Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of field sprayers. **Canadian J. Plant Sci.** 73 (4): 1261–1273.

[WSSA] Weed Science Society of America. 2007. Herbicide Handbook. 9th ed. S.A. Senseman, ed. Lawrence, KS: **Weed Science Society of America.** p.336.

Yates W.E., Akesson N.B., Bayer D. 1976. Effects of spray adjuvants on drift hazards. **Transactions of ASAE** 19: 41–46.

Yates W, Cowden RE, Akesson N (1985) Drop size spectra from nozzles in high-speed airstreams. **Trans Am Soc Agric Eng** 28:405–410