



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

GABRIELA GREICE PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO
DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP
TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE
DIFERENTES ADJUVANTES REDUTORES DE DERIVA**

BRASÍLIA, DF
2023

GABRIELA GREICE PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO
DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP
TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE
DIFERENTES ADJUVANTES REDUTORES DE DERIVA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV da Universidade de Brasília - UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

**BRASÍLIA, DF
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, Gabriela Greice

“AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES ADJUVANTES REDUTORES DE DERIVA”. Orientação: Tiago Pereira da Silva Correia, Brasília 2023. 27 páginas. Monografia de Graduação (G) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2023.

1. Concentração 2. Pulverização 3. Adjuvantes

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, G. G. **AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES ADJUVANTES REDUTORES DE DERIVA.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 27 páginas, 2023. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: GABRIELA GREICE PEREIRA

Título da Monografia de Conclusão de Curso: AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES ADJUVANTES DE DERIVA

Grau: 3° **Ano:** 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para fins acadêmicos e/ou científicos. Ao autor reserva-se outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

GABRIELA GREICE PEREIRA
CPF: 034.831.791-35
Rua Bolívar II, chácara 2, casa 1,
Ponte-Alta Norte, Gama – DF
(61) 98301-0153 / e-mail:
gabi_greice@hotmail.com

GABRIELA GREICE PEREIRA

AVALIAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS GERADO PELA PULVERIZAÇÃO DE CALDAS CONTENDO DICAMBA EM MISTURA COM ROUNDUP TRANSORB R, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES ADJUVANTES DE DERIVA

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV da Universidade de Brasília - UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB
(ORIENTADOR) e-mail: tiagocorreia@unb.br

Eng. Agrônoma Alyne Ayla Rodrigues de Souza
Mestranda do PPGEA da Faculdade de Ciências
Agronômicas/Unesp Botucatu – SP
(MEMBRO) e-mail: alyne.ayla@unesp.br

Eng. Agrônoma Isabela Dias de Souza
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV/UnB
(MEMBRO) e-mail: isabela99dias99@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por todas as oportunidades que me foram dadas e me permitiram chegar até aqui. Aos meus pais, os pilares da minha vida, Karlla Grace de Paiva e Francisco de Assis Pereira (*in memoriam*), por todo amor, dedicação, apoio e incentivo aos estudos. À minha avó Creusa Maria e minha tia Daniela Maria, minhas grandes inspirações.

Aos meus amigos de curso, que amo como família, Alyne, Isabela, Victor, Lorena e Priscila, sou grata por todos os momentos que passamos juntos. Ao Paulo Victor, por toda compreensão, suporte e companheirismo durante essa etapa final. Aos meus amigos de escola que me acompanham até hoje, agradeço por serem sempre presentes na minha vida, em especial, à Ana Gabriela, por ter vibrado comigo cada conquista e me auxiliado ao longo do caminho.

Ao professor Dr. Tiago Pereira da Silva Correia, pela paciência, amizade e por todo conhecimento compartilhado com maestria. A equipe LAMAGRI/FAL pelos bons momentos de aprendizado. A equipe da Fazenda Água Limpa e aos funcionários da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

Por fim, agradeço à empresa AgroEfetiva pela oportunidade que propiciou a realização deste trabalho. A equipe do laboratório, especialmente, Jeisiane e Andréia, por todos ensinamentos e pelo carinho e cuidado que tiveram comigo durante o estágio. Aos amigos da Pós-Graduação da FCA – UNESP por todo acolhimento, suporte e incentivo para seguir a carreira acadêmica.

RESUMO

A adição de adjuvantes em formulações de defensivos agrícolas ou caldas tem se tornado cada vez mais usual. Quando utilizados de maneira adequada, podem melhorar a atividade do ingrediente ativo, ou as características da aplicação, pois são capazes de atuar desde a formação das gotas, até a ação biológica do ativo no alvo. O objetivo do trabalho foi avaliar o espectro de gotas gerado na pulverização de caldas contendo Dicamba e glifosato Roundup Transorb R em função da variação da concentração de diferentes adjuvantes redutores de deriva. O experimento foi realizado no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, em Botucatu – SP. Os dados foram coletados em laboratório com ambiente controlado. Foram utilizados dois herbicidas, Dicamax e Roundup Transorb R, ambos com doses fixas e adjuvantes redutores de deriva com doses variáveis. A taxa de aplicação adotada foi de 100 L ha⁻¹. Os adjuvantes utilizados são classificados como Polímeros, MSO, Guar Combo e redutor de volatilidade + Guar e suas doses variaram entre 25 e 200%. Foi adicionado um agente redutor de volatilidade em concentração constante de 0,5% v/v em todas as caldas, exceto na que continha o adjuvante redutor de volatilidade + Guar, por já conter este agente em sua formulação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado de um fatorial 5 x 5. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$). As variáveis de espectro de gotas analisadas foram os diâmetros medianos volumétricos (DMV), percentual do volume amostrado em gotas menores que 150 μm (V150) e amplitude relativa (AR). Concluiu-se que os adjuvantes se comportam de maneiras distintas quando têm sua concentração variada na calda. O aumento da proporção da dose recomendada gerou aumento linear do DMV e reduziu o V150 e a AR em todos os tratamentos, exceto no que continha adjuvante a base de óleo, que teve comportamento singular, apresentando redução do DMV e redução significativamente menor do V150 e AR. Em todas as proporções de dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva avaliados, a calda com o adjuvante a base de polímero (adjuvante 21) se destacou gerando maior DMV.

Palavra-chave: adjuvantes, espectro de gotas, concentração, redutor de deriva.

ABSTRACT

The addition of adjuvants in formulations of pesticides or sprays has become increasingly common. When properly used, they can improve the activity of the active ingredient, or the characteristics of the application, as they are capable of acting from droplet formation to the biological action of the active on the target. The objective of this work was to evaluate the droplet spectrum generated in the spraying of mixtures containing Dicamba and Roundup Transorb R glyphosate as a function of the variation in the concentration of different drift-reducing adjuvants. The experiment was carried out at the Laboratory of Machines for Spraying of the Nucleus of Testing of Agricultural Machines and Tires (NEMPA) at the Experimental Farm Lageado of the Faculty of Agricultural Sciences – UNESP, in Botucatu – SP. Data were collected in a laboratory with a controlled environment. Two herbicides were used, Dicamax and Roundup Transorb R, both with fixed doses and drift-reducing adjuvants with variable doses. The adopted application rate was 100 L ha⁻¹. The adjuvants used are classified as Polymers, MSO, Guar Combo and volatility reducer + Guar and their doses varied between 25 and 200%. A volatility reducing agent was added at a constant concentration of 0.5% v/v in all mixtures, except for the one containing the volatility reducing adjuvant + Guar, as it already contains this agent in its formulation. The experimental design used was a completely randomized 5 x 5 factorial design. Data were submitted to analysis of variance and means were compared using Tukey's test ($p \leq 5\%$). The droplet spectrum variables analyzed were volumetric median diameters (MVD), percentage of sampled volume in drops smaller than 150 μm (V150) and relative amplitude (AR). It was concluded that the adjuvants behave in different ways when their concentration is varied in the syrup. Increasing the proportion of the recommended dose generated a linear increase in DMV and reduced V150 and AR in all treatments, except for the one containing oil-based adjuvant, which had a unique behavior, showing a reduction in DMV and a significantly lower reduction in V150 and AIR. In all the recommended dose ratios of the evaluated drift-reducing adjuvants, the mixture with the polymer-based adjuvant (adjuvant 21) stood out, generating higher DMV.

Keywords: adjuvants, droplet spectrum, concentration, drift reducer.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha^{-1}19
- Figura 2.** Percentual de gotas menores do que $150 \mu\text{m}$ (V150) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha^{-1}21
- Figura 3.** Amplitude Relativa (AR) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha^{-1}23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos herbicidas e os adjuvantes redutores de deriva utilizados, incluindo suas doses básicas recomendadas pelos fabricantes.....	15
Tabela 2. Combinações entre as caldas (misturas de herbicidas e adjuvantes redutores de deriva – DRA) e as diferentes concentrações dos DRA's nas caldas, compondo os 25 tratamentos.....	16
Tabela 3. Resultado da análise de variância (ANOVA) para o diâmetro mediano volumétrico em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.....	18
Tabela 4. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas para aplicações a 100 L ha ⁻¹	19
Tabela 5. Equações e coeficientes de determinação (R ²) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função de DMV para aplicações a 100 L ha ⁻¹	20
Tabela 6. Resultado da análise de variância (ANOVA) para o percentual de gotas menores do que 150 µm, em função das proporções da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.....	20
Tabela 7. Percentual de gotas menores do que 150 µm em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha ⁻¹	21
Tabela 8. Equações e coeficientes de determinação (R ²) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função do V150 para aplicações a 100 L ha ⁻¹	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 9. Resultado da análise de variância (ANOVA) para a amplitude relativa em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.....22

Tabela 10. Amplitude relativa em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha⁻¹23

Tabela 11. Equações e coeficientes de determinação (R²) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função da AR para aplicações a 100 L ha⁻¹.....23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Descrição dos tratamentos.....	15
3.2. Análise estatística.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).....	18
4.2. Percentual de gotas menores do que 150 μm (V150).....	20
4.3. Amplitude Relativa (AR).....	22
5. CONCLUSÃO.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A dificuldade no controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate impulsionou a pesquisa e o desenvolvimento da geração de culturas resistentes a múltiplos herbicidas, como os auxínicos (MOREIRA, 2020). Segundo a autora, a introdução dessas culturas traz consigo a preocupação sobre o aumento do potencial de deriva durante o processo de pulverização. Christofolletti (1999) conceitua deriva como toda aplicação que não atinge o alvo. Podendo ocorrer pela ação do vento, escorrimentos ou mesmo volatilização do diluente e do produto, a deriva é uma das principais causas da contaminação do aplicador, do ambiente e de insucessos nas aplicações (RAMOS et al., 2004) O desenvolvimento de novas tecnologias visando a redução do risco de deriva tem sido incentivada pela crescente preocupação com a segurança e a responsabilidade ambiental (CHECHETTO, 2011).

Segundo Mota (2015), a deriva gerada pela aplicação de herbicidas tem consequências mais evidentes, pois em grande parte dos casos, seu efeito é visualmente perceptível em plantas suscetíveis. Os herbicidas do grupo das auxinas sintéticas, como o Dicamba e o glyphosate Roundup Transorb R, são afamados por suas elevadas taxas de deriva (MILLER E NORSWORTHY, 2015).

O risco de deriva durante a aplicação do produto pode ser influenciado pelas características distintas dos produtos, que podem interferir na formação das gotas (QUEIROZ, 2018). Segundo o autor, o processo de formação de gotas é resultado da interação entre seus elementos geradores e a calda de pulverização. As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam tamanhos variados, formando um espectro de gotas que, através de um conjunto de parâmetros, é quantificado (MOTA, 2011). Conforme explica Cunha et al. (2004), dentre esses parâmetros está a amplitude relativa, que quanto maior, menor será a homogeneidade do espectro pulverizado, e o DMV, outro parâmetro, é definido como o diâmetro de gotas que divide em duas partes a massa de gotas pulverizadas, sendo a soma da parte das gotas maiores igual à soma da parte das gotas menores (ANTUNIASSI; BAIO, 2008).

Antuniassi et al. (2021) definem Técnica de Redução de Deriva (TRD) como a combinação de elementos que visam reduzir o risco de deriva em determinada aplicação. As propriedades físicas e químicas das caldas são exemplos de fatores que afetam a deriva (BUTLER ELLIS; BRADLEY, 2002), e como constatou Oliveira (2011), os adjuvantes são capazes de alterar essas características.

Os adjuvantes são definidos segundo Antuniassi et al. (2021) como substâncias adicionadas à formulação ou à calda com o objetivo de melhorar a atividade do ingrediente ativo ou as características da aplicação. Segundo os autores, eles são classificados de acordo com sua função esperada e a recomendação da necessidade de uso em surfatantes, adesivos, umectantes, redutores de deriva, antiespumantes, protetores e condicionadores de calda (acidificantes, tamponantes e sequestrantes).

A adição de adjuvantes facilita a aplicação com aumento de desempenho (GREEN; BEESTMAN, 2007). Spanoghe et al. (2007) afirmam que a característica do espectro de gotas gerado pela interação entre as pontas de pulverização e a calda determinará o sucesso das aplicações. Chechetto (2011) afirma que os adjuvantes redutores de deriva atuam principalmente no aumento do diâmetro das gotas e diminuem a porcentagem do risco de deriva.

Redutores de deriva são espessantes que diminuem a formação de gotículas muito pequenas e mais propensas a deriva (KISSMANN, 1998). Conforme cita Carvalho (2013), grande parte dos trabalhos realizados sobre o uso de adjuvantes com produtos fitossanitários são sobre a associação com herbicidas. O fato de serem herbicidas hidrofílicos pode dificultar a absorção do produto (QUEIROZ, 2018), o que reforça a necessidade do uso de adjuvantes, já que estes influenciam na sua absorção pelas folhas (ROMAN et al., 2007).

Por haver diferença entre o modo de funcionamento dos adjuvantes, o conhecimento sobre o comportamento que a calda pulverizada terá em função da mistura com os defensivos agrícolas é importante (QUEIROZ, 2018).

2. OBJETIVO

Sabendo da importância das técnicas de redução de deriva nas aplicações de defensivos agrícolas, o objetivo deste trabalho foi avaliar o espectro de gotas gerado na pulverização de caldas contendo Dicamba em mistura com Roundup Transorb R, em função da variação da concentração de diferentes adjuvantes redutores de deriva misturados na calda.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição dos tratamentos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu SP. Os dados do espectro de gotas foram coletados em laboratório com ambiente controlado com variação de temperatura entre 25,0 a 28,0°C e umidade relativa do ar entre 50 - 60%.

O ensaio foi composto por 25 tratamentos, resultantes da combinação de 5 opções de adjuvantes redutores de deriva (DRA) misturados em tanque com os herbicidas, considerando 5 valores de concentração destes redutores nas caldas, descritos na tabela abaixo.

Tabela 1. Descrição dos herbicidas e os adjuvantes redutores de deriva (DRA) utilizados, incluindo suas doses básicas recomendadas pelos fabricantes.

Componentes fixos	Recomendação básica
Dicamax	1,5 L p.c./ha
Roundup Transorb R	3,0 L p.c./ha
Componentes variáveis	
Adjuvante 32 (0,5% do redutor de volatilidade + Guar)	1,50%
Adjuvante 21 (Polímero)	0,75%
Adjuvante 02 (Polímero)	0,60%
Adjuvante 10 (MSO)	0,10%
Adjuvante 04 (Guar Combo)	0,75%

Os tratamentos foram configurados através de doses fixas para os herbicidas e variáveis para os adjuvantes redutores de deriva. As caldas elaboradas com os adjuvantes 21, 02, 10 e 04 receberam uma concentração constante de 0,5% v/v do adjuvante 31 (agente redutor de volatilidade). A calda que possuía o adjuvante 32 dispensou a adição do adjuvante 31, por já conter o agente redutor de volatilidade (RV) em sua composição.

Para os herbicidas, as doses foram de 1,5 L ha⁻¹ para o Dicamax e 3,0 L ha⁻¹ para o Roundup Transorb R, suas concentrações equivalentes nas caldas variaram de acordo com o seguinte critério: 0,25; 0,5; 1; 1,5; e 2 vezes a dose recomendada por seus fabricantes (de 25 a 200% da dose recomendada).

A tabela 2 apresenta as combinações entre os herbicidas e as diferentes concentrações dos adjuvantes redutores de deriva utilizados para elaboração das caldas que compunham os 25 tratamentos. Os códigos de tratamento são compostos por Dicamax (D), Roundup Transorb R (RTR), adjuvante 31 e adjuvantes (32, 21, 02, 10 e 04).

Tabela 2. Combinações entre as caldas (misturas de herbicidas e adjuvantes redutores de deriva-DRA) e as diferentes concentrações dos DRA's nas caldas, compondo os 25 tratamentos.

Código do tratamento	Herbicidas	Adjuvantes	Proporção da dose dos DRA's
D + RTR + 32	Dicamax + Roundup Transorb R	32 (RV + guar)	0,25 (25%)
			0,5 (50%)
			1,0 (100%)
			1,5 (150%)
			2,0 (200%)
D + RTR + 31 + 21	Dicamax + Roundup Transorb R	21 (Polímero)	0,25 (25%)
			0,5 (50%)
			1,0 (100%)
			1,5 (150%)
			2,0 (200%)
D + RTR + 31 + 02	Dicamax + Roundup Transorb R	02 (Polímero)	0,25 (25%)
			0,5 (50%)
			1,0 (100%)
			1,5 (150%)
			2,0 (200%)
D + RTR + 31 + 10	Dicamax + Roundup Transorb R	10 (MSO)	0,25 (25%)
			0,5 (50%)
			1,0 (100%)
			1,5 (150%)
			2,0 (200%)

			0,25 (25%)
			0,5 (50%)
D + RTR + 31 + 04	Dicamax + Roundup Transorb R	04 (Guar Combo)	1,0 (100%)
			1,5 (150%)
			2,0 (200%)

A taxa de aplicação utilizada foi de 100 L ha⁻¹. Todos os tratamentos foram pulverizados com a ponta TTI 11003 (Teejet) a 3 bar (300 kPa) de pressão de trabalho. O espectro de gotas foi estimado em tempo real por meio da técnica de análise por imagem, chamada de PDIA (Particle/Droplet Image Analysis). As variáveis de espectro de gotas analisadas foram os diâmetros volumétricos de 10%, 50% e 90% da parcela amostrada (DV_{0,1}; DV_{0,5} e DV_{0,9}; respectivamente); percentual do volume amostrado em gotas menores que 150 µm (V₁₅₀) e amplitude relativa (AR).

3.2. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. O experimento foi analisado em esquema fatorial 5 x 5, ou seja, a combinação de 5 caldas com 5 concentrações dos DRA's nestas caldas. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os dados também foram submetidos à análise de regressão para ajuste do modelo matemático que melhor explica os resultados (DMB, V₁₅₀ e AR) em função das variações das concentrações recomendadas dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas, bem como do coeficiente de determinação (R²), o qual valida o modelo ajustado. O modelo ajustado permite estimar o valor dos parâmetros (DMV, V₁₅₀ ou AR) a partir de qualquer concentração no intervalo avaliado, ou seja, dentro do intervalo de proporções entre 0,25; 0,5; 1; 1,5 e 2 vezes a dose recomendada dos DRA's.

O modelo linear foi escolhido pois é o que melhor se ajusta aos dados (maior R^2) e tecnicamente é o que melhor caracteriza a relação entre o aumento da proporção da dose recomendada e o espectro de gotas. Ele é representado por $y = ax + b$, em que “y” é a variável resposta (DMV, V150 ou AR), “a” é o coeficiente angular, fator que multiplica a variável de entrada “x” (proporção da dose recomendada) e “b” é o coeficiente linear, o qual representa o ponto de intersecção da reta com o eixo y quando $x = 0$. O sinal que acompanha “a” determinará se a relação do parâmetro em estudo será diretamente proporcional (+) ou inversamente (-).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV)

A proporção da dose recomendada dos DRA's e composição da calda pulverizada têm influência sobre o DMV. O efeito da proporção da dose do DRA recomendada sobre o DMV na taxa de aplicação utilizada de 100 L ha⁻¹ foi influenciado pelo tipo de adjuvante aplicado, assim como a intensidade com que cada um desses produtos altera o parâmetro depende de sua quantidade presente na calda, possuindo interação significativa entre os fatores, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da análise de variância (ANOVA) para o diâmetro mediano volumétrico em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.

Fatores	F	p, valor	Significância
Proporção da dose recomendada	445,27	<0,01	Significativo
Calda	486,47	<0,01	Significativo
Proporção da dose recomendada x Calda	51,91	<0,01	Significativo
Coeficiente de variação (%)	1,83%		

A variação do DMV observada não depende apenas da proporção da dose recomendada, mas também do tipo de DRA que compõe a calda. Em todas as proporções da dose recomenda dos adjuvantes redutores de deriva avaliados, a calda com o adjuvante 21 foi a que gerou maior DMV (Tabela 4).

Tabela 4. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas para aplicações a 100 L ha⁻¹.

Proporção da dose recomendada (x)	Caldas					
	D+RTR+32	D+RTR+31+21	D+RTR+31+02	D+RTR +31+10	D+RTR +31+04	
0,25	644,07 Da	623,70 Dab	604,33 Dbc	582,93 Ac	584,20 Cc	
0,5	674,27 Cb	755,33 Ca	658,67 Db	587,90 Ac	610,37 Bc	
1,0	735,20 Ba	738,97 Ca	697,17 Cb	578,87 Ad	636,30 Bc	
1,5	777,80 Abc	820,83 Ba	763,73 Bc	583,67 Ad	800,77 Aab	
2,0	797,20 Ab	923,50 Aa	792,33 Ab	553,50 Ac	821,27 Ab	

O DMV obteve tendência de aumento linear em relação ao aumento da proporção da dose recomendada para todas as caldas analisadas, com exceção da calda que continha o adjuvante 10, o qual apresentou comportamento inverso (Figura 1). As caldas com os adjuvantes 21 e 04 foram as que apresentaram maior aumento do DMV em função do aumento da proporção de suas doses recomendadas, 48,1% e 40,65% respectivamente. Em contrapartida, a calda com o adjuvante 10 não teve resposta em relação ao DMV devido ao aumento da proporção da dose recomendada do adjuvante 10. Na Tabela 5, estão apresentadas as equações de ajuste dos dados ao modelo linear, juntamente com o coeficiente de determinação (R²).

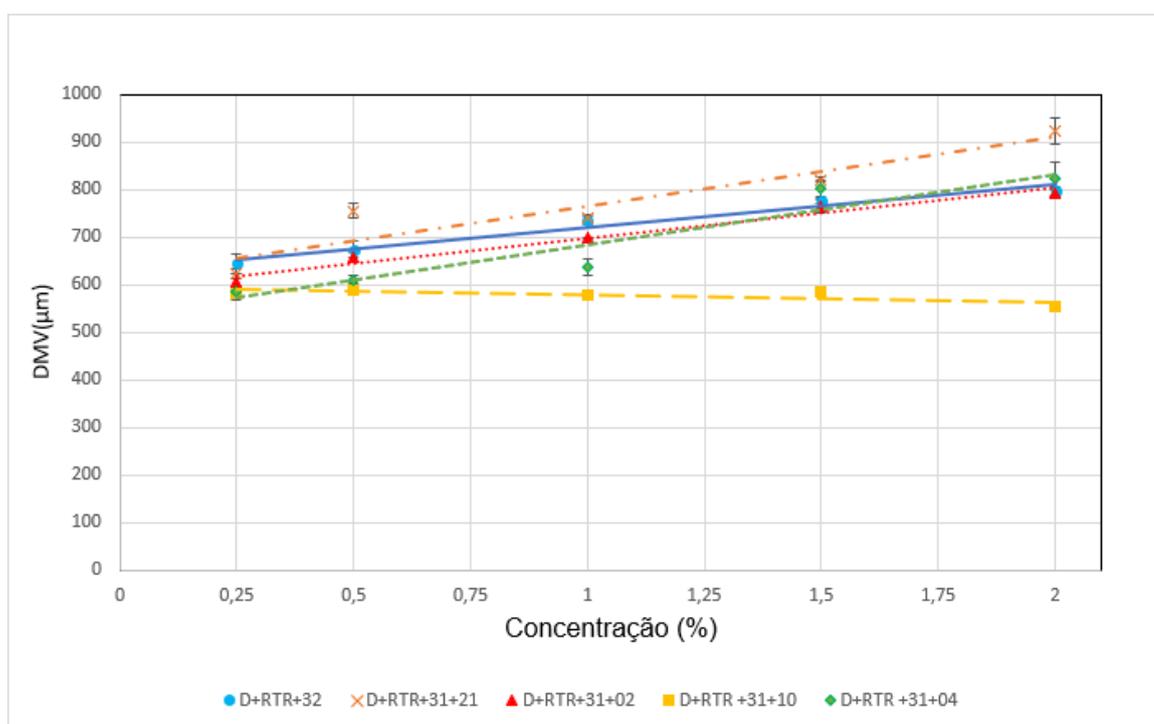


Figura 1. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha⁻¹.

Tabela 5. Equações e coeficientes de determinação (R^2) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função de DMV para aplicações a 100 L ha⁻¹.

Calda	Modelo ajustado	R ² *
D+RTR+32	$y = 89,995x + 631,21$	0,9638
D+RTR+31+21	$y = 144,08x + 621,19$	0,8738
D+RTR+31+02	$y = 105,27x + 592,71$	0,9707
D+RTR +31+10	$y = -14,712x + 592,82$	0,5889
D+RTR +31+04	$y = 149,11x + 534,02$	0,9131

*Valores mais próximos de 1 indicam melhor ajuste.

4.2. Percentual de gotas menores do que 150 µm (V150)

A proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas tem influência sobre o V150. O efeito da proporção da dose do DRA recomendada sobre o V150 na taxa de aplicação de 100 L ha⁻¹ foi influenciado pelo tipo de adjuvante aplicado, assim como a intensidade com que cada um desses produtos altera o parâmetro depende de sua quantidade presente na calda (Tabela 6). Isso significa que a variação do V150 observada depende da proporção da dose recomendada e do tipo de DRA que compõe a calda.

Tabela 6. Resultado da análise de variância (ANOVA) para o percentual de gotas menores do que 150 µm, em função das proporções da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.

Fatores	F	p, valor	Significância
Proporção da dose recomendada	387,78	<0,01	Significativo
Calda	38,06	<0,01	Significativo
Proporção da dose recomendada x Calda	29,81	<0,01	Significativo
Coeficiente de variação (%)	7,08		

A calda composta pelo DRA 32 foi a que gerou menor V150 em todas as proporções de sua dose recomendada. No entanto, o DRA 21 foi o que gerou maior redução (341,22%) do V150 em função do aumento da proporção de sua dose recomendada, apresentando maior valor do parâmetro quando avaliado a 0,25x e se igualando estatisticamente ao adjuvante 32 a partir de 0,5x. A calda com adjuvante 10 na menor proporção da dose recomendada (0,25x) apresentou o menor valor do parâmetro juntamente com o adjuvante 32, mas a partir da proporção da dose recomendada 1,5x gerou o maior V150 em relação as demais caldas (Tabela 7).

Dessa maneira, apesar do aumento da proporção da dose recomendada ser favorável a redução das gotas mais propensas a sofrerem deriva, o adjuvante 10 nas maiores proporções da dose recomendada (>1,5x) é inferior aos demais em relação ao V150 nas aplicações de Dicamax e Roundup Transorb R.

Tabela 7. Percentual de gotas menores do que 150 μm em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha^{-1} .

Proporção da dose recomendada (x)	Caldas				
	D+RTR+32	D+RTR+31+21	D+RTR+31+02	D+RTR+31+10	D+RTR+31+04
0,25	3,95 Ac	5,34 Aa	4,73 Ab	3,37 Bd	4,71 Ab
0,5	3,34 Bc	3,02 Bc	4,62 Aa	3,98 Ab	4,21 Bab
1,0	2,35 Cc	3,06 Bb	3,66 Bb	2,45 Cc	3,85 Ba
1,5	1,71 Db	1,79 Cb	2,48 Ca	2,60 Ca	1,73 Cb
2,0	1,42 Dbc	1,21 Dc	1,75 Db	3,42 Ba	1,61 Cbc

O V150 obteve tendência de redução linear em relação ao aumento da proporção da dose recomendada para todas as caldas analisadas (Figura 2). Estão apresentadas, na Tabela 8, as equações de ajuste dos dados ao modelo linear, juntamente com o coeficiente de determinação (R^2).

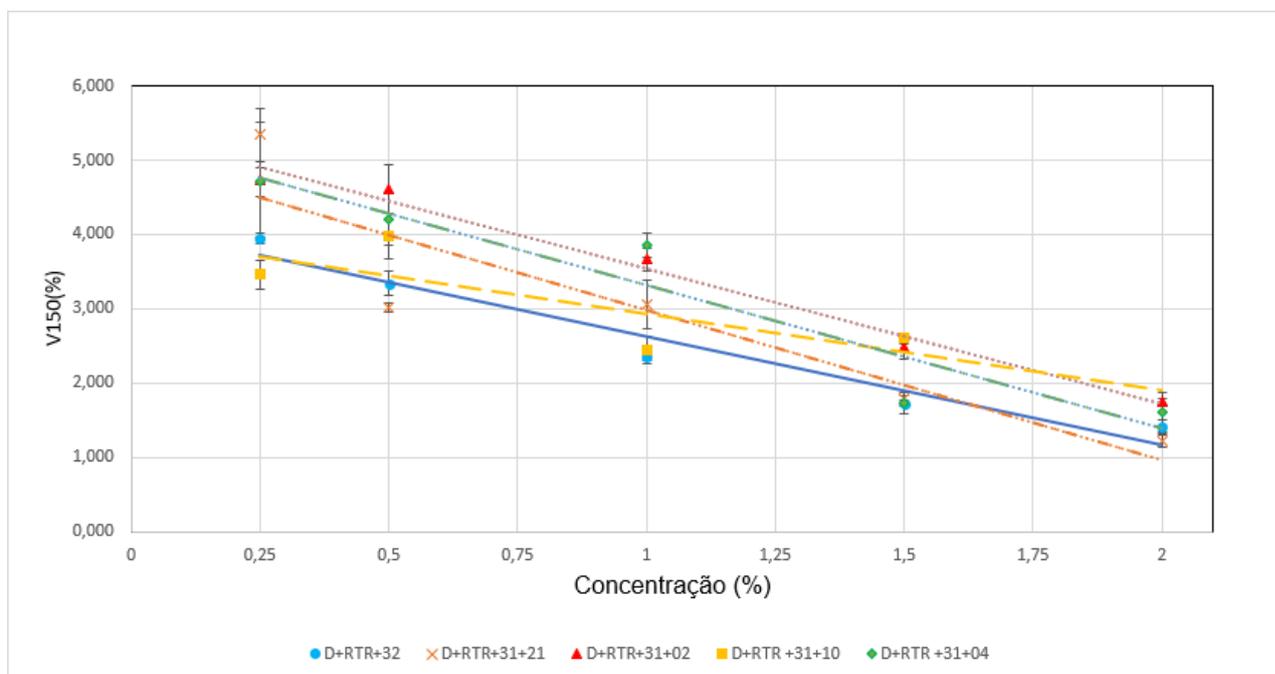


Figura 2. Percentual de gotas menores do que 150 μm (V150) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha^{-1} .

Tabela 8. Equações e coeficientes de determinação (R^2) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função do V150 para aplicações a 100 L ha^{-1} .

Calda	Modelo ajustado	R^2 *
D+RTR+32	$y = -1,4624x + 4,0901$	0,9515
D+RTR+31+21	$y = -2,0154x + 5,0021$	0,8264
D+RTR+31+02	$y = -1,8191x + 5,3601$	0,9567
D+RTR +31+10	$y = -1,0249x + 3,9552$	0,9859
D+RTR +31+04	$y = -1,9363x + 5,2545$	0,9131

*Valores mais próximos de 1 indicam melhor ajuste.

4.3. Amplitude Relativa (AR)

A proporção da dose recomendada dos adjuvantes (32, 21, 02, 10 e 04) e a composição das caldas pulverizadas têm influência sobre a AR. O efeito da proporção da dose do DRA recomendada sobre AR na taxa de aplicação utilizada foi influenciado pelo tipo de adjuvante aplicado, assim como a intensidade com que cada um desses produtos altera o parâmetro depende de sua quantidade presente na calda (Tabela 9). Isso significa que a variação da AR observada não depende apenas da proporção da dose recomendada, mas também do tipo de DRA que compõe a calda.

Tabela 9. Resultado da análise de variância (ANOVA) para a amplitude relativa em função da proporção da dose recomendada dos adjuvantes redutores de deriva nas caldas pulverizadas.

Fatores	F	p, valor	Significância
Proporção da dose recomendada	121,777	<0,01	Significativo
Calda	10,124	<0,01	Significativo
Proporção da dose recomendada x Calda	9,579	<0,01	Significativo
Coeficiente de variação (%)	3,1		

A AR obteve tendência de redução linear em relação ao aumento da proporção da dose recomendada para todas as caldas analisadas, o que caracteriza a elevação da homogeneidade da pulverização (Tabela 10 e Figura 3). No entanto, a calda com o adjuvante 10 não foi sensível a redução da AR em função do aumento da proporção da dose recomendada. Na tabela 11, estão apresentadas as equações de ajuste dos dados ao modelo linear, juntamente com o coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 10. Amplitude relativa em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a 100 L ha⁻¹.

Proporção da dose recomendada (x)	Caldas				
	D+RTR+32	D+RTR+31+21	D+RTR+31+02	D+RTR+31+10	D+RTR+31+04
0,25	1,530 Abc	1,643 Aa	1,607 Aab	1,477 Bc	1,670 Aa
0,5	1,473 Ac	1,353 Bd	1,510 ABbc	1,590 Aab	1,620 Aa
1,0	1,433 Aa	1,403 BCb	1,430 Bb	1,413 Bb	1,580 Ab
1,5	1,273 Ba	1,300 Cab	1,310 Cab	1,400 Bb	1,290 Bb
2,0	1,250 Ba	1,280 Cb	1,293 Cb	1,420 Ba	1,203 Bb

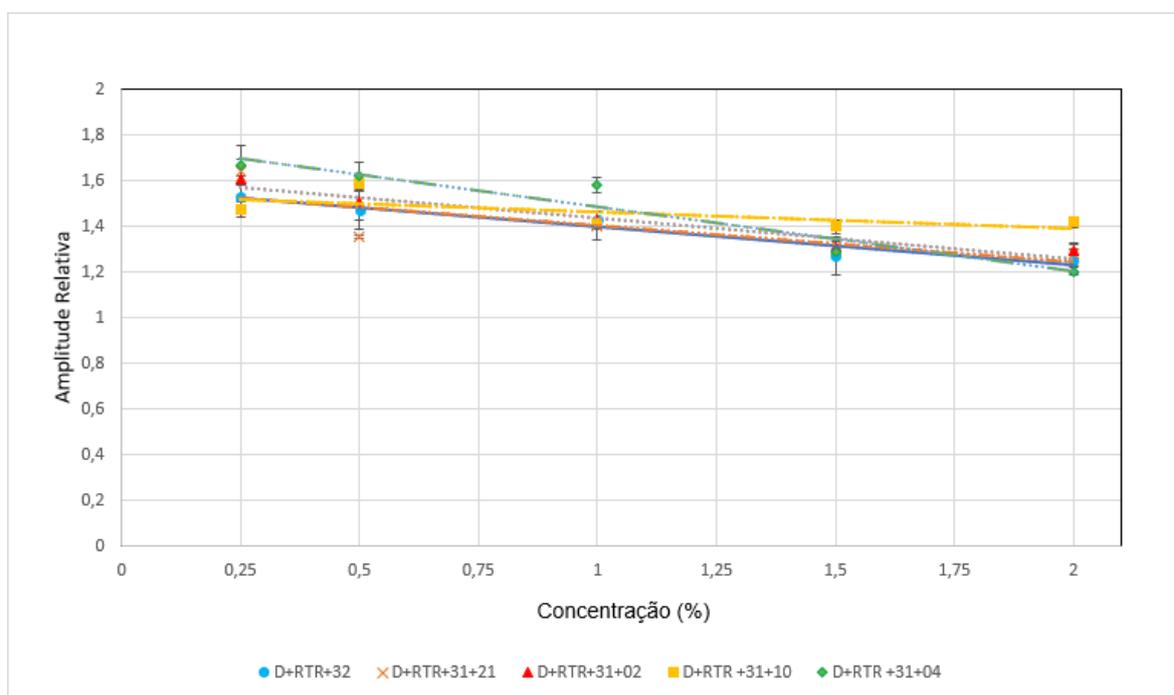


Figura 3. Amplitude Relativa (AR) em função da proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva e calda para aplicações a L ha⁻¹

Tabela 11. Equações e coeficientes de determinação (R²) provenientes da regressão linear dos dados de proporção da dose recomendada de adjuvante redutor de deriva em função da AR para aplicações a 100 L ha⁻¹.

Calda	Modelo ajustado	R ² *
D+RTR+32	y = -0,1685x + 1,569	0,9451
D+RTR+31+21	y = -0,1601x + 1,5641	0,6128
D+RTR+31+02	y = -0,1801x + 1,6191	0,9405
D+RTR+31+10	y = -0,072x + 1,5355	0,4322
D+RTR+31+04	y = -0,2841x + 1,7709	0,9289

*Valores mais próximos de 1 indicam melhor ajuste.

O contexto dos resultados pode ser consolidado pelo que descreve McMullan (1993), ao afirmar que o aumento da concentração do adjuvante na calda de pulverização ocasionou maior eficiência do herbicida, bem como sua retenção.

5. CONCLUSÃO

O aumento da proporção da dose recomendada gerou aumento linear do diâmetro volumétrico (DMV), reduziu o percentual de gotas menores do que 150 μm (V150) e a amplitude relativa (AR) para os adjuvantes redutores de deriva 32, 21, 02 e 04.

O adjuvante redutor de deriva 10, do tipo MSO, teve comportamento singular em relação aos demais, com redução do DMV e redução significativamente menor do V150 e AR em relação aos demais DRA's em função do aumento de sua concentração na calda.

Em todas as proporções das doses recomendadas dos adjuvantes redutores de deriva avaliados, a calda com o adjuvante 21 foi a que gerou maior DMV e teve a maior resposta ao aumento da proporção da dose recomendada entre as demais caldas avaliadas. As misturas tiveram respostas variáveis em função do aumento da proporção da dose recomendada do DRA em estudo, mas nas proporções das doses recomendadas a partir de 0,5X as caldas com os adjuvantes 32 e 21 se destacaram por gerarem menor valor de V150.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.. et al. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 2ª ed. Botucatu (SP): FEPAF, 2021.

BUTLER ELLIS, M. C.; BRADLEY, A. The influence of formulation on spray drift. **International Advances in Pesticide Application**, Cambridge, v. 66, p. 251-258. 2002.

CARVALHO, F. K. Influência de adjuvantes de calda no depósito e deriva em aplicações aéreas e terrestres. 72 f., 2013. **Dissertação** (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2013.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. viii, 70 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2011.

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

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

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de 57 Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

MILLER, M. R.; NORSWORTHY, J. K. Evaluation of herbicide programs for use in 2,4-D-Resistant soybean technology for control of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). **Weed Science Society of America**. 2015.

McMULLAN, P. M. Emulsifier surfactant-oil combinations with tralkoxydim. **Journal Plant Science**, Ottawa, v. 73, n. 4, p. 1275-1281, 1993.

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.** 2020. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2020.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes.** 74 f. Dissertação Mestrado, UNESP – Campus Botucatu. 2011.

MOTA, A. A. B. **Espectro de gotas e potencial de deriva de caldas contendo o herbicida 2,4-D amina em misturas em tanque.** 69 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2015.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas.** 134 f. Tese de Doutorado, UNESP – Campus Botucatu. 2011.

QUEIROZ, M. F. P. **Espectro de gotas e características físicas de caldas com adjuvantes tensoativos e os herbicidas glyphosate e 2,4-d, isolados e em mistura.** 2018. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2018.

RAMOS, H. H. et al. **Manual de Tecnologia de Aplicação.** ANDEF. Campinas. SP.2004.

Roman, E. S., Beckie, H., Vargas, L., Hall, L., Rizzardi, M. A., & Wolf, T. M. (2007). **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação.** (p. 152). Passo Fundo: Berthier.

SPANOGHE, P., et al. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, Seattle, v. 63, n. 1, p. 4-16. Jan. 2007.