

Caracterização físico-química e espectro de gotas de calda de pulverização com uso de adjuvantes

Gessiane Souza de Araujo¹ (IC)*, Luana de Lima Lopes² (PG), Elton Fialho dos Reis³ (PQ), Lorrany Dias Coelho⁴ (IC)

¹Graduanda em Engenharia Agrícola, UEG, Câmpus Anápolis, GO, geicearaujo2009@hotmail.com

²Engenheira Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, UEG, Câmpus Anápolis, GO

³Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, UEG, Câmpus Anápolis, GO

⁴Médica Veterinária, Graduanda em Ciências Biológicas, UEG, Câmpus Anápolis, GO

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar as características físico-químicas e o espectro de gotas da calda de pulverização com uso de adjuvantes. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Engenharia agrícola da Universidade Estadual de Goiás - CCET. O espectro de gotas foi avaliado de forma direta por meio de um analisador de partículas por imagens, com Sistema Shadow Sizer, em condições de umidade relativa acima de 60%. Foram implantados dois experimentos com diferentes pontas (CVI 11002 - jato plano padrão e TVI 800075 - jato cônico), utilizando-se o delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de tratamentos 4 x 6 (adjuvantes x concentrações), com quatro repetições. e quatro adjuvantes (Break-Thru®, Haiten, Iharaguen-S e Iharol) adicionados à calda combinados com seis concentrações de adjuvante (0, 50, 75, 100, 125 e 150%). Os maiores valores de DMV foram encontrados para a ponta CVI 11002 combinada com os adjuvantes Break-Thru e Iharol. A ponta CVI 11002 apresentou menor AR e menor %<150 µm, ou seja, apresenta espectro de gotas mais homogêneo que a ponta TVI 800075, e gotas menos susceptíveis a exoderiva.

Palavras-chave: Analisador de partículas. Deriva. Pontas de pulverização. Tecnologia de aplicação.

Introdução

O tamanho das gotas de pulverização é um fator decisivo na deposição, tanto dentro como fora do alvo, por estar relacionado com a perda de fitossanitários para o ambiente (FRITZ et al., 2012; SILVA et al., 2014). Deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grossas nem muito finas, evitando-se assim perdas por escorrimento e deriva. É preciso conhecer as características técnicas das pontas, visando à sua correta seleção e, com isso, aplicações eficientes e seguras no ambiente (CUNHA et al., 2007). Objetivou-se avaliar as características físico-químicas e espectro de gotas da calda de pulverização com uso de diferentes adjuvantes.

Material e Métodos

Foram implantados dois experimentos em pontas com orifício de cerâmicas CVI 11002 (jato plano padrão) e TVI 800075 (jato cônico com indução de ar) e diferentes características de gotas. No momento da aplicação a temperatura média do ar foi de $25 \pm 1,16^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa de $60 \pm 3,66\%$. Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de tratamentos 4 x 6 (adjuvantes x concentrações),



com quatro repetições. Os adjuvantes utilizados foram o Break-Thru®, Haiten®, Iharaguen-S® e Iharol®, nas concentrações de (0, 50, 75, 100, 125 e 150%) das doses recomendadas pelos fabricantes, a dose de 100% é a dose indicada pelo fabricante do adjuvante e a dose de 0% é a dose sem adição de adjuvante, ou seja, apenas água destilada. A pressão utilizada para a ponta CVI 11002 e TVI 800075 foi de 140 e 530 kPa, respectivamente, essas que se encontram na faixa de trabalho das pontas em questão.

As características físico-químicas (tensão superficial, densidade, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica) das caldas com as diferentes concentrações de adjuvantes, estão apresentadas na Tabela 1. A tensão superficial foi determinada, segundo a metodologia descrita por Mendonça (2003), onde mediu-se a massa de quinze gotas formadas pela extremidade de uma bureta que foram depositadas em recipiente com base oleosa, já a densidade foi determinada por meio da determinação da massa de 0,1 L da solução depositada em um balão volumétrico, em uma balança com precisão de 0,1 mg. O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido de forma direta por um pHmetro, modelo Ph 0 - 14 K39-0014p Kasvi, calibrado com as soluções-padrão, a condutividade elétrica foi medida por um condutivímetro portátil, modelo HI98139 da marca Hanna.

Tabela 1. Características físico-químicas das caldas com as diferentes concentrações de adjuvantes

Adjuvante	Dose	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Tensão Superficial (g)	Condutividade Elétrica (μs)	Densidade (g)
Break-Thru	50	5,34 ± 0,24	0,27 ± 0,02	0,85 ± 0,44	99,03 ± 0,07
	75	5,83 ± 0,27	0,38 ± 0,22	1,73 ± 0,67	99,24 ± 0,05
	100	5,72 ± 0,26	0,28 ± 0,06	2,10 ± 0,88	99,17 ± 0,09
	125	5,72 ± 0,24	0,23 ± 0,01	2,40 ± 1,85	99,05 ± 0,22
	150	5,65 ± 0,06	0,24 ± 0,01	0,88 ± 0,15	99,28 ± 0,00
Haiten	50	5,57 ± 0,17	0,77 ± 0,04	1,23 ± 0,33	99,19 ± 0,20
	75	5,47 ± 0,09	0,74 ± 0,04	0,73 ± 0,05	99,12 ± 0,00
	100	5,73 ± 0,07	0,78 ± 0,02	1,13 ± 0,43	99,01 ± 0,22
	125	5,40 ± 0,04	0,77 ± 0,01	1,18 ± 0,22	99,11 ± 0,00
	150	5,45 ± 0,34	0,74 ± 0,03	1,15 ± 0,19	99,11 ± 0,01
Iharaguen-S	50	5,45 ± 0,06	0,76 ± 0,07	0,80 ± 0,14	99,08 ± 0,00
	75	5,46 ± 0,04	0,81 ± 0,00	0,80 ± 0,14	99,02 ± 0,00
	100	5,39 ± 0,06	0,41 ± 0,05	0,73 ± 0,05	99,10 ± 0,01
	125	5,69 ± 0,18	0,61 ± 0,18	1,70 ± 0,24	99,03 ± 0,22
	150	5,33 ± 0,02	0,77 ± 0,01	1,00 ± 0,16	99,03 ± 0,01
Iharol	50	5,64 ± 0,09	0,75 ± 0,04	1,58 ± 0,30	98,84 ± 0,03
	75	5,54 ± 0,16	0,69 ± 0,02	2,38 ± 1,36	99,06 ± 0,04
	100	5,96 ± 0,63	0,65 ± 0,03	1,73 ± 1,05	98,99 ± 0,04
	125	5,50 ± 0,16	0,62 ± 0,05	1,60 ± 0,73	99,14 ± 0,00
	150	5,61 ± 0,27	0,60 ± 0,06	2,95 ± 2,02	98,82 ± 0,11

O espectro de gotas foi avaliado de forma direta por meio do analisador de partículas por imagens do Sistema Shadow Sizer (Dantec Dynamics Inc.). O sistema analisou o espectro de gotas a partir da sombra projetada pelas partículas captadas pela câmera, a qual é posicionada opostamente à fonte de iluminação. A partir do processamento das imagens captadas pela câmera, o diâmetro, área, perímetro das gotas foram identificados (GULER et al., 2007), onde foram calculados o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (AR) e a porcentagem de gotas menores que 150 μm ($\% < 150 \mu\text{m}$). As gotas foram avaliadas a 0,5 m de altura em relação à ponta de pulverização e o ponto de leitura de forma que a medição contabilizasse as gotas de forma transversal ao jato produzido.

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância, a 5% de probabilidade, os tratamentos que apresentaram diferença significativa tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ou submetidas à análise de regressão. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

Os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias estatísticas relativas ao diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (AR) e porcentagem de volume de gotas menores que 150 μm ($\% < 150 \mu\text{m}$), tabela 2, apresentaram alterações estatisticamente significativas, em todos os tratamentos, utilizando ambas as pontas.

Tabela 2. Síntese da análise de variância para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (AR) e % volume de gotas < 150 μm avaliados por meio do analisador de partículas

análisis de particular

FV	GL	QM		
		DMV	AR	% < 150
-----Ponta CVI 11002-----				
ADJ	3	11807,316*	0,1675*	879,21*
CONC	5	9171,685*	0,0915*	992,21*
ADJ * CONC	15	3384,824*	0,0375*	317,68*
ERRO	72	288,92	0,09974	3,865
TOTAL	95			
-----Ponta TVI 800075-----				
ADJ	3	60195,028*	1,2516*	3115,41*
CONC	5	5521,417*	0,626*	523,29*
ADJ * CONC	15	6083,778*	0,9127*	223,74*
ERRO	72	290,417	0,0868	17,01
TOTAL	95			

* Significativo à 5% de probabilidade. ^{NS} Não significativo à 5% de probabilidade. ADJ = Adjuvante, CONC = Concentração.

As pontas de pulverização apresentaram diferentes diâmetros da mediana volumétrica (DMV). A ponta CVI 11002 juntamente com os adjuvantes Iharol (óleo vegetal) e Break-Thru, apresentaram em média maior DMV (Figura 1), mas todas as pontas e adjuvantes são indicados contra as perdas da exoderiva (perda de produto causado pelo vento). Madureira et al. (2015) analisando o espectro de gotas de uma ponta jato plano inclinado constatarem valores de DMV variando de 226,31 a 301,55 μm , corroborando com alguns valores encontrados neste trabalho.

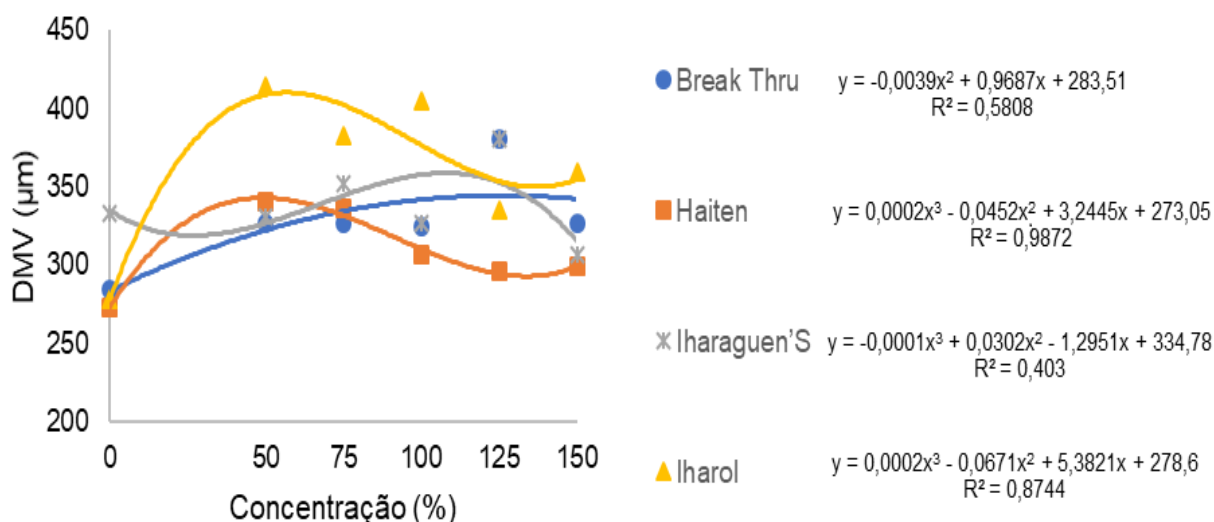


Figura 1. Desdobramento da Concentração dentro de cada adjuvante para DMV com a ponta CVI 11002.

A ponta TVI 800075 obteve um DMV baixo comparado ao DMV da ponta CVI 11002, os adjuvantes Iharol e Break-Thru, mostraram-se menos eficientes contra a deriva quando utilizados com essa ponta, pois apresentaram DMV entre 130 e 150 μm . Já os adjuvantes de efeito espalhante, Haiten e Iharaguen, mostram um aumento significativo do DMV conforme maior a concentração do produto, como pode ser observado na figura 2.

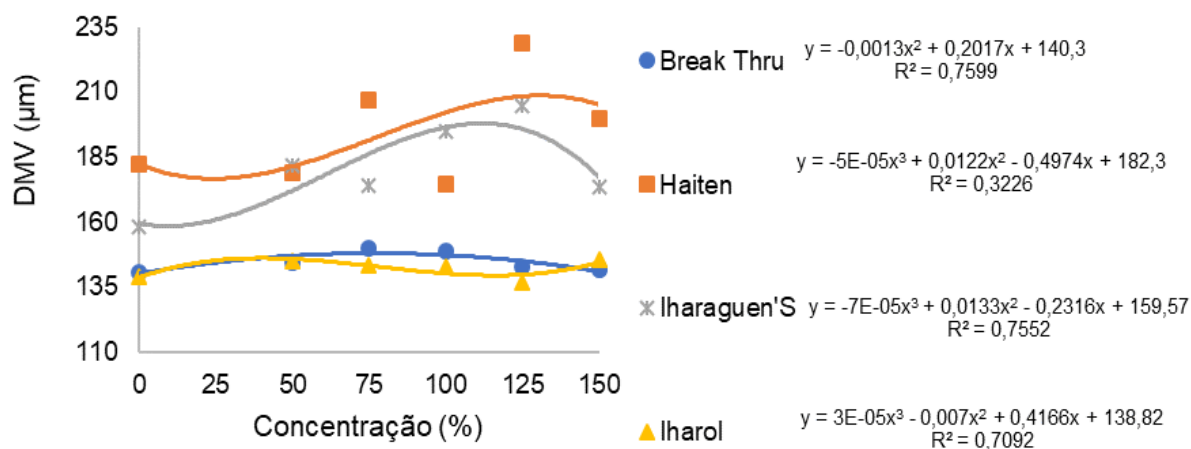


Figura 2. Desdobramento da Concentração dentro de cada adjuvante para DMV com a ponta TVI 800075

As médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), para a ponta CVI 11002, apresentou para o adjuvante Iharol nas concentrações de 50,100 e 150% o maior DMV, tabela 3. Ainda de acordo com a normativa ASABE S572.1 (ASABE, 2009), os valores encontrados para o DMV das gotas produzidas pelas pontas CVI 11002, são classificadas como grossa e muito grossa, já a TVI 800075 é classificado como média e grossa, respectivamente, apresentando baixa susceptibilidade a deriva.

Tabela 3. Médias do DMV para os diferentes tipos de adjuvantes e concentrações

Adjuvantes	Concentrações				
	50	75	100	125	150
-----Ponta CVI 11002-----					
Break-Thru	326,25 b	347,25 b	325,50 b	380,75 a	326,25 b
Haiten	340,75 b	336,25 b	306,50 b	295,75 c	299,00 b
Iharaguen	331,25 b	352,25 a b	326,75 b	381,00 a	307,00 b
Iharol	414,25 a	382,25 a	405,00 a	355,25 b	359,50 a
-----Ponta TVI 800075-----					
Break-Thru	180,25 b	191,50 c	203,50 b c	188,25 b	198,00 b c
Haiten	229,00 a	327,50 a	219,50 b	342,75 a	295,75 a
Iharaguen	235,00 a	238,25 b	348,00 a	313,50 a	225,75 b
Iharol	192,50 b	175,50 c	178,50 c	162,75 b	185,00 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não se diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A homogeneidade de uma determinada população de gotas pode ser determinada por vários coeficientes, dentre eles a amplitude relativa (AR). A homogeneidade da população de gotas será maior, quanto menor for a AR (Minguela & Cunha, 2017). Na figura 3, observa-se que o adjuvante Break-Thru utilizado com a ponta CVI 11002, com o aumento da concentração, apresenta redução na AR, ou seja, vai aumentando a homogeneidade das gotas.

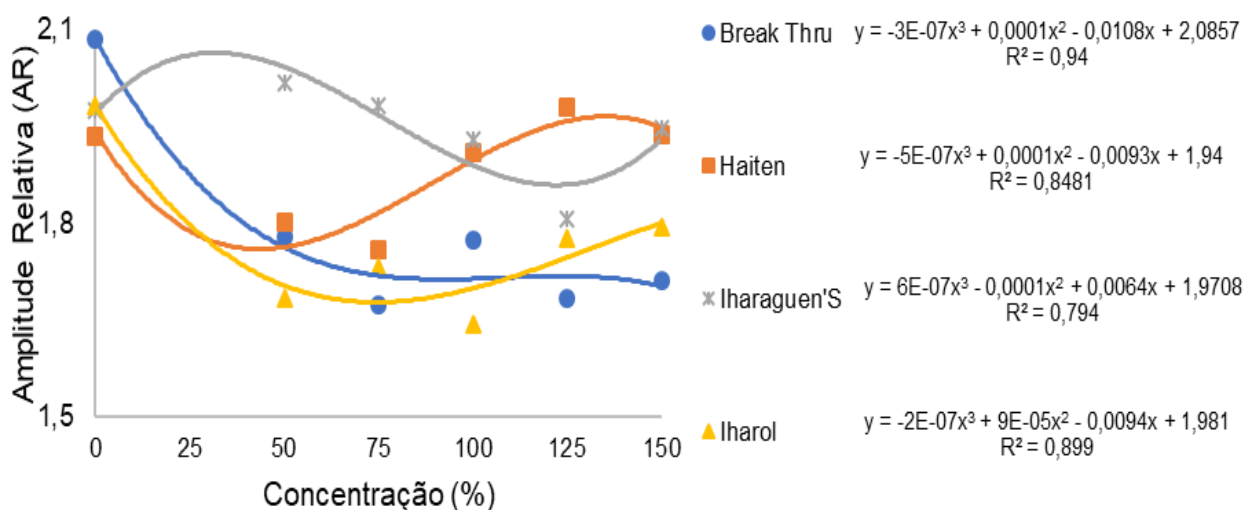


Figura 3. Desdobramento da Concentração dentro de cada adjuvante para Amplitude Relativa com a ponta CVI 11002

Na figura 4, observa-se uma oscilação na AR para os adjuvantes e para as concentrações, isso mostra que a ponta TVI 800075 produz gotas com características diferentes. O aumento da concentração de adjuvante influenciou na AR para todos os adjuvantes utilizados. Quando aumentou a concentração, a média de AR variou pouco, ou seja, com o aumento da concentração o espectro de gotas apresentou pouca variação na homogeneidade para esses adjuvantes.

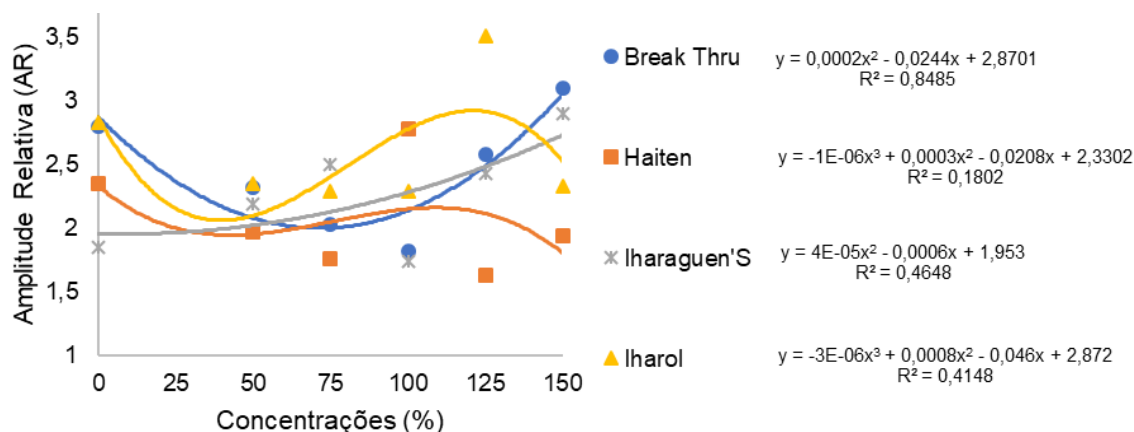


Figura 4. Desdobramento da Concentração dentro de cada adjuvante para Amplitude Relativa com a ponta TVI 800075

A interação entre os adjuvantes e as diferentes concentrações, foi significativa para a amplitude relativa (AR). Os valores de amplitude relativa para a ponta CVI 11002 utilizando os adjuvantes Break-Thru e Iharol (Tabela 4), apresentando boa uniformidade nos conjuntos de gotas. Figueiredo et al. (2007) avaliando a uniformidade de espectro de gotas produzidos por diferentes pontas de jato plano, encontraram valores de AR variando entre 2,00 a 4,60, corroborando com a maioria dos valores encontrados neste trabalho.

Tabela 4. Médias de Amplitude Relativa (AR) para os diferentes tipos de adjuvantes e concentrações

Adjuvantes	Concentrações				
	50	75	100	125	150
-----Ponta CVI 11002-----					
Break-Thru	1,7775 b	1,6725 b	1,7725 a b	1,6825 b	1,7100 b
Haiten	1,8025 b	1,7575 b	1,9100 a	1,9800 a	1,9375 a
Iharaguen	2,0175 a	1,9825 a	1,9300 a	1,8075 a b	1,9475 a
Iharol	1,6825 b	1,1300 b	1,6425 b	1,7750 b	1,7950 a b
-----Ponta TVI 800075-----					
Break-Thru	2,3125 a	2,022 a b	1,8175 b c	2,5775 b	3,0950 a
Haiten	1,9625 a	1,7525 b	2,7725 a	1,6225 c	1,9375 b
Iharaguen	2,1825 a	2,4975 a	1,7325 c	2,4250 b	2,9000 a
Iharol	2,3475 a	2,2850 a b	2,2850 a b	3,5075 a	2,3275 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não se diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Com a adição de adjuvante à calda, houve redução significativa da porcentagem de gotas inferiores a 150 µm, para a ponta CVI 11002, reduzindo, portanto, a população de gotas susceptíveis à deriva (Figura 5). Nos equipamentos baseados em imagem, há uma região de foco, que limita a área analisada (FRITZ e HOFFMANN, 2016). Desta forma, em pontas onde há variação do tamanho de gotas ao longo do jato pulverizado, como as pontas de jato plano, pode haver maior discrepância entre os espectros analisados.

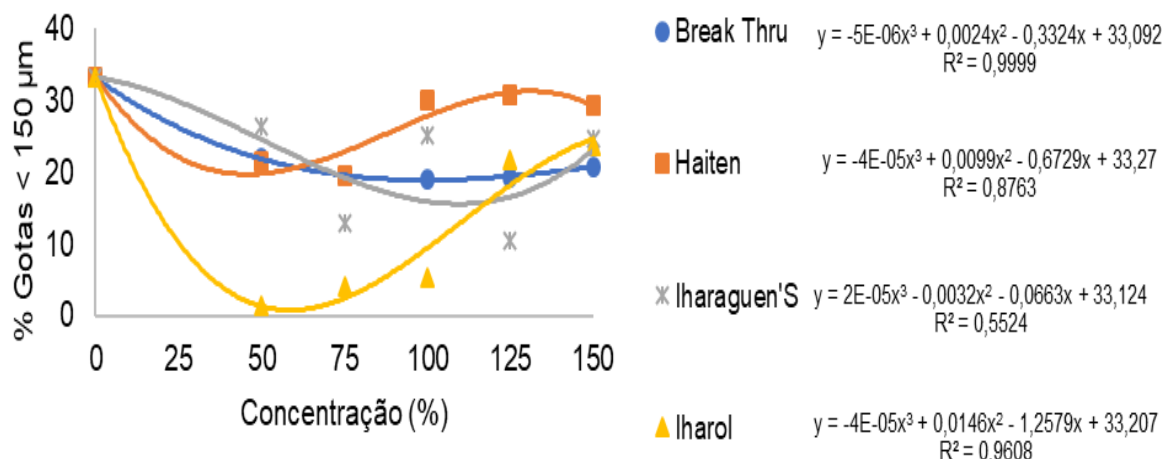


Figura 5. Desdobramento da Concentração dentro de cada adjuvante para % de gotas < 150 µm com a ponta CVI 11002.

Para a ponta TVI 800075, houve redução significativa da porcentagem de gotas inferiores a 150 µm apenas para os adjuvantes de efeito espalhante, Haiten e Iharaguen (Figura 6).

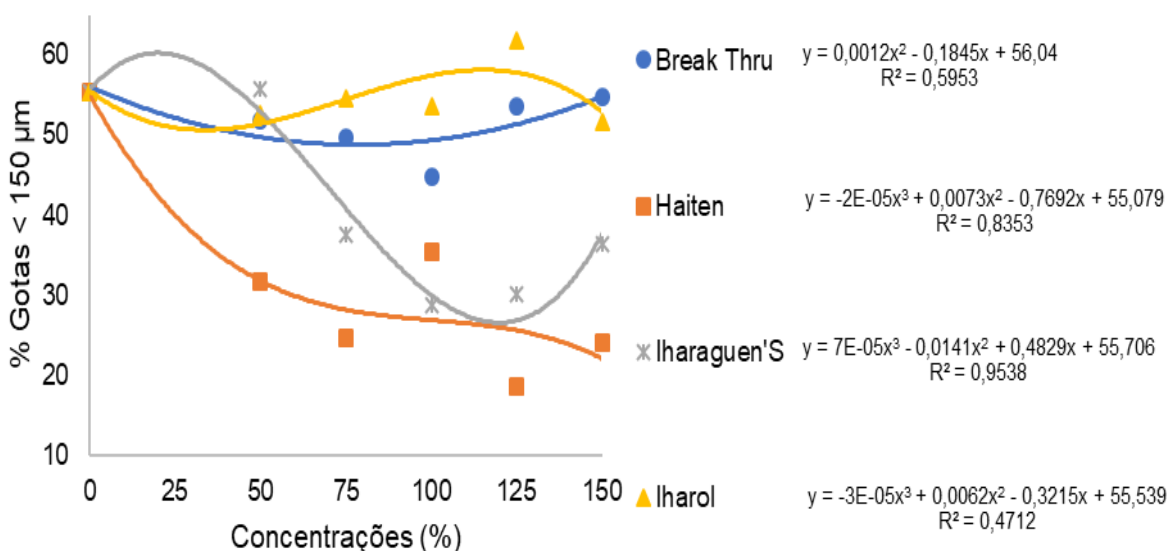


Figura 6. Desdobramento da concentração dentro de cada adjuvante para % de gotas < 150µm com a ponta TVI 800075.

O Brasil é um país de clima tropical sofrendo influência de massas de ar quentes durante todo o ano, as temperaturas mantêm-se elevadas com médias térmicas em torno de 26 °C e baixa amplitude térmica anual. A diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima tem pequena variação durante o ano, esse clima influencia nas perdas por evaporação e deriva de gotas finas, que podem ser classificadas como as gotas menores que 150 µm.

A ponta CVI 11002 proporcionou as menores porcentagens de gotas com diâmetro inferior a 150 µm, por isso é a mais indicada em locais onde a deriva de gotas deve ser evitada. A ponta TVI 800075 proporcionou as maiores porcentagens de gotas com diâmetro inferior a 150 µm, motivo pelo qual apresenta maior risco de deriva (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de % de gotas < 150 µm para os diferentes tipos de adjuvantes e concentrações

Adjuvantes	Concentrações				
	50	75	100	125	150
-----Ponta CVI 11002-----					
Break-Thru	21,7975 b	19,4700 a	18,9425 c	19,3150 b	20,7425 c
Haiten	21,4325 b	19,5700 a	29,9750 a	30,6325 a	29,1625 a
Iharaguen	26,2600 a	0,7070 b	25,0950 b	0,7070 c	24,2650 b
Iharol	0,7070 c	0,7070 b	0,7070 d	21,6275 b	26,1625 b c
-----Ponta TVI 800075-----					
Break-Thru	51,9375 a	49,6900 a	44,8125 b	53,5525 b	54,8575 a
Haiten	31,6850 b	24,5950 b	35,5100 c	18,6500 d	24,1125 c
Iharaguen	29,8000 b	37,6450 b	28,7125 c	30,2475 c	36,3750 b
Iharol	52,5975 a	54,6325 a	53,5075 a	61,8775 a	51,6625 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não se diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Considerações Finais

A ponta CVI 11002 apresentou gotas de tamanho grossas e muito grossas, ainda com percentual baixo de gotas menor que 150 µm, com baixa capacidade de perdas por deriva.

A ponta TVI 800075 apresentou gotas de tamanho médio e grossa, além de apresentar aumento com os adjuvantes Haiten e Iharaguen (espalhantes) conforme aumenta a concentração do produto, mostrando-se eficiente contra a deriva.

A ponta TVI 8000075 apresentou maior percentual de gotas menor que 150 µm que a ponta CVI 11002.

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás, pela bolsa de Iniciação Científica e Tecnológica.

Referências



ASABE. American society of agricultural and biological engineers. S572.1., 2009, St. Joseph. Spray nozzle classification by droplet spectra. In: **ASABE Standard**, St. Joseph, 2009. 3p.

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

CUNHA, J. P. A. R.; **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FIGUEIREDO, J.L.A; TEIXEIRA, M.M.; PICANÇO, M.C.; PINTO, F.A.C.; PRAT, M.H. Avaliação da uniformidade de aplicação e do espectro de gotas de bicos hidráulicos. **Ciências Técnicas Agropecuárias**, La Habana, v.16, n.3, p.47-52, 2007.

FRITZ, B.K.; HOFFMANN, W.C.; CZACZYK, Z.; BAGLEY, W.; KRUGER, G.; HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, Poznań, v.52, n.4, p.447-457, 2012.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C. Measuring spray droplet size from agricultural nozzles using laser diffraction. **Journal of Visualized Experiments**, v. 115, e54533, 2016.

GULER, H.; ZHU, H.; OZKAN, H. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v.50, n.3, p.754-754, 2007.

MADUREIRA, R. P.; RAETANO, C. G.; CAVALIERI, J. D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.180-185, 2015.

MENDONÇA, C.G. **Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares**. 2003. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

MINGUELA, J. V. CUNHA, J.P.A.R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa – MG: Aprenda fácil editora, 2017, cap. 4, p. 146.

SILVA, J.E.R.; CUNHA, J.P.A.R; NOMELINI, Q.S.S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de



V Congresso de Ensino,
Pesquisa e Extensão da UEG



pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.12, p.1302-1306, 2014.

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos Estudantis



Universidade
Estadual de Goiás