



INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES NO ESPECTRO DE GOTAS DE PONTA COM INDUÇÃO DE AR¹

Alisson Augusto Barbieri Mota² e Ulisses Rocha Antuniassi³

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo verificar a interferência de adjuvantes no desempenho de uma ponta com indução de ar quanto ao espectro de gotas formado. Para o estudo foram utilizadas nove caldas, sendo uma composta apenas por água e oito soluções contendo adjuvantes solubilizados em concentrações recomendadas por seus fabricantes: óleo mineral(Nimbus®), óleo vegetal (Óleo VegetalNortox), mistura de lecitina e ácido propiônico (Li-700®), nonilfenoxi poli etanol (Agral®), nonil fenol etoxilado (In-Tec® e Antideriva), copolímero de poliéster e silicone (Silwet® L-77 Ag) e lauril éter sulfato de sódio (TA 35). Utilizou-se uma ponta jato plano com indução de ar modelo Guardian Air (Hypro®) 11003. O estudo foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP. As características do espectro de gotas (diâmetro mediano volumétrico/DMV, percentual de gotas menores do que 100 micrometros e amplitude relativa foram determinadas com um analisador de tamanho de partículas por difração de raios laserMastersizer S (MalvernInstruments). Para análise estatística os valores das médias dos tratamentos foram comparados pelo Intervalo de Confiança a 5 % de probabilidade (IC95%). Os resultados mostraram que para a ponta com indução ar Guardian Air 11003 os óleos adjuvantes (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus®) apresentaram maior capacidade no aumento do DMV na comparação com produtos a base de surfatantes. O percentual de gotas abaixo de 100 µm foi menor para os adjuvantes Agral®, Antideriva, In-Tec®eTA 35, em comparação ao Óleo Vegetal Nortox e ao Li-700®. A amplitude relativa foi maior para os adjuvantes a base de óleo (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus®), sendo o menor valor encontrado para o adjuvante a base de lauril éter (TA 35®), indicando potencial de melhoria na qualidade do espectro de gotas da ponta Hypro® GA 11003.

KEYWORDS: tecnologia de aplicação, deriva, diâmetro mediano volumétrico (DMV).

INFLUENCE OF ADJUVANTS ON THE DROPLET SPECTRUM OF AN AIR INDUCTION NOZZLE

ABSTRACT: This study aimed to verify the influence of adjuvants on the droplet spectrum of an air induction nozzle. The experiment used nine spray solutions, one including only water and eight containing adjuvants: Nimbus® (mineral oil), Óleo vegetal Nortox (vegetal oil), Li-700® (a mixture of lecithin and propionic acid), Agral® (nonyl phenoxy poly ethanol), In-Tec® (nonyl phenol ethoxylate), Antideriva (nonyl phenol ethoxylate), Silwet® L-77 Ag (copolymer polyester and silicon) and TA 35 (sodium lauryl ether sulfate). A flat fan air induction nozzle Hypro® Guardian Air 11003 was used for the droplet spectrum evaluation. The study was conducted at the Laboratory for Particle Size Analysis (Lapar), at FCAV/UNESP, Jaboticabal/SP - Brazil. The determination of the droplet spectrum characteristics (Volume Median Diameter/VMD, percentage of droplets smaller than 100 micrometers and span) was carried out by a particle size analyzer by laser diffraction Mastersizer S (Malvern Instruments). For statistical analysis the mean values were compared using Confidence Interval at 95% (CI 95%). The results showed that for the Hypro® GA air induction nozzle the oil based adjuvants (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus®) increased the VMD. The percentage of droplets smaller than 100 micrometers was lower for the Agral®, Antideriva, In-Tec® e TA 35, in comparison with the Óleo Vegetal Nortox and Li-700®. The span was higher for the oil based adjuvants (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus®) and lower for the TA 35 (sodium lauryl ether sulfate), showing that the TA 35 adjuvant has a potential to improve the quality of the droplet spectrum of the Hypro® GA 11003 nozzle

KEYWORDS: Application technology, drift, Volume Median Diameter (VMD).

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor intitulada: Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes.

² Eng°. Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura – Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP, Botucatu/SP. E-mail: alisson_abm@hotmail.com

³ Eng°. Agrônomo, Orientador e Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Caixa Postal 237, CEP 18610-307, ulisses@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

O sucesso de uma aplicação de agrotóxicos está relacionado à seleção das pontas de pulverização, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, devendo sempre levar em consideração as recomendações agronômicas de cada produto (ANTUNIASSI; BAILO 2008). A escolha do padrão de gotas é extremamente importante, pois influencia diretamente na cobertura do alvo e riscos de perdas por deriva. Segundo Ozkanet al. (1993) uma das principais formas de reduzir os riscos de deriva é utilizar espectro de gotas adequado.

O uso de pontas de indução de ar é um método comumente empregado como estratégia para redução de deriva na aplicação de defensivos agrícolas (BUTLER ELLIS et al., 2002). Costa et al. (2007), em estudo que avaliou a deriva em várias pontas sob diferentes condições ambientais e pressão de trabalho, demonstraram que um dos resultados mais baixos de deriva foi obtido com a utilização de ponta com indução de ar. Combellacket al. (1996), avaliando potencial de deriva em túnel de vento, observaram redução de deriva quando do uso de pontas com indução de ar, com uma diminuição de até 262% em relação a ponta sem indução de ar.

As pontas com indução de ar destacam-se das demais por produzirem gotas de tamanho elevado, com bolhas de ar em seu interior. O mecanismo existente nas pontas com indução de ar segue o princípio de funcionamento de um tubo de Venturi (BUTLER ELLIS et al., 2002). As bolhas de ar no interior da gota interferem no transporte e padrão de deposição das gotas. Quando se trabalha com esta classe de pontas, a presença de bolhas de ar ajuda na diminuição da perda das gotas quando impactam com uma superfície (MATTHEWS, 2000), ou seja, as bolhas de ar amortecem o impacto com a superfície diminuindo o efeito de rebote da mesma.

As características físicas da calda são fatores que interferem diretamente no espectro de gotas formado por pontas de pulverização, sendo as principais a viscosidade e tensão superficial. Quanto maior os valores de viscosidade e tensão superficial, maior a força necessária para a quebra das gotas no processo de pulverização. Deste modo, variações nos valores destas características usualmente interferem no espectro de gotas produzido (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo Hewitt (2007), a composição da calda é um dos fatores mais importantes na formação do espectro de gotas, contribuindo para efeitos bastante significativos, embora nem sempre seja considerada tal importância. O autor afirma que é preciso mais informações sobre as propriedades físicas da de uma grande variedade das misturas de tanque e adjuvantes, e da influência destas no espectro de gotas.

Sabe-se que o comportamento dos adjuvantes pode ser bastante variável de acordo com as diferentes pontas de pulverização. Entretanto, há pouca informação a respeito, principalmente para pontas com indução de ar. Sendo

assim, o presente trabalho teve por objetivo verificar a interferência de adjuvantes no desempenho de uma ponta com indução de ar quanto às características de espectro de gotas gerado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As análises do espectro de gotas foram realizadas no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP. Os tratamentos foram compostos por nove caldas de pulverização, sendo elas oito soluções contendo adjuvantes de uso agrícola, e uma calda composta apenas por água. A descrição dos adjuvantes utilizados, assim como as doses, está apresentada na Tabela 1. A ponta de pulverização utilizada foi a jato plano com indução de ar, modelo Guardian Air 11003, fabricada pela Hypro®, de angulação de 110°, vazão nominal de aproximadamente 1,14 litros por minuto (0,3 galões americanos por minuto), operando na pressão de trabalho de 400 kPa.

Tabela 1: Descrição dos adjuvantes, doses e abreviaturas utilizadas

Nome comercial	Componente(s) principal(is)*	Fabricante	Dose (v.v ⁻¹)	Abreviatura
Nimbus®	Óleo mineral	Syngenta	0,625	NB
Óleo Vegetal Nortox	Óleo vegetal	Nortox	1,25	NT
Li-700®	Mistura de lecitina e ácido propiônico	De Sangosse Agroquímica	0,15	LI
Agral®	Nonilfenoxi poli etanol	Syngenta®	0,1	AG
In-Tec®	Nonil fenol etoxilado	Inquima®	0,0625	IT
Antideriva	**	Inquima®	0,0625	AD
TA 35	Lauril éter sulfato de sódio	Inquima®	0,1	TA
Silwet® L-77 Ag	Copolímero de poliéster e silicone	Ge Osi Indústria de Silicones	0,0375	SW

* Segundo informações fornecidas pelos fabricantes nas bulas.

** Composição não informada pelo fabricante. Segundo Iost (2008) o produto contém Nonil fenol etoxilado em sua formulação.

O espectro de gotas foi determinado utilizando-se um analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments), com base na técnica da difração de raio laser do qual o equipamento faz a mensuração do tamanho das partículas através do desvio da trajetória que o laser sofre ao atingir as partículas. O desvio do laser é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999). O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 µm. A ponta de pulverização foi instalada a 40 cm de altura da passagem do feixe de laser sendo as condições de aplicação iguais para todos os tratamentos. Durante a pulverização a ponta foi movimentada na transversal de modo que o laser atingisse perpendicularmente toda pulverização, possibilitando uma amostragem de todo o jato produzido pela ponta. Segundo Camaraet al. (2008), cada leitura do

laser é realizada com intervalo de 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo. As variáveis avaliadas foram o diâmetro médio volumétrico (DMV), a porcentagem volumétrica de gotas com diâmetros menores que 100 μm (% volume <100 μm) a amplitude relativa (A.R.), calculada pela seguinte equação:

$$\text{Amplitude Relativa} = (\text{DV0,9} - \text{DV0,1})/\text{DV0,5}$$

onde:

DV0,1= Diâmetro de 10% do volume acumulado

DV0,5 = Diâmetro de 50% do volume acumulado

DV0,9 = Diâmetro de 90% do volume acumulado

Para cada análise foram realizadas três repetições, sendo os resultados analisados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 95 % de probabilidade (IC95%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de diâmetro mediano volumétrico (DMV) estão representados na Figura 1. Para os resultados de DMV, todos os adjuvantes avaliados elevaram o valor médio em relação à calda composta apenas por água, sendo que os adjuvantes LI (Li-700®), SW (Silwet L-77®) e TA (TA 35) não diferiram da água segundo o intervalo de confiança. Os maiores valores observados, com DMV acima de 300 μm , foram para as caldas contendo os óleos NT (Óleo Vegetal Nortox) e NB (Nimbus®), não havendo diferenças entre si, mas diferindo significativamente dos demais tratamentos. Os adjuvantes a base de Nonil Fenol (In-Tec®, Agral® e Antideriva) obtiveram resultados intermediários nos valores de DMV, variando entre 275 a 277 μm , não apresentando diferenças significativas entre si e do adjuvante LI (Li-700®), mas diferindo dos demais adjuvantes avaliados. Os menores valores foram obtidos para o SW (Silwet L-77®) e o TA (TA 35), os quais não diferiram do LI (Li-700®).

Os resultados para as caldas composta por óleos estão de acordo com o estudo de Costa (2006) que obteve os maiores valores de DMV em uma ponta com indução de ar modelo AI 11003 (SprayingSystemsCo.®) utilizando óleos adjuvantes. No entanto, no caso dos adjuvantes a base de nonil fenol, o autor citou a redução do DMV em relação à água, resultado diferente do obtido no presente trabalho. Ainda, Stainier et al. (2006) e Oliveira (2009) obtiveram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, obtendo maiores valores de DMV para caldas contendo óleos. Entretanto, a ponta utilizada por estes autores foi a jato plano comum, sem o sistema de indução de ar.

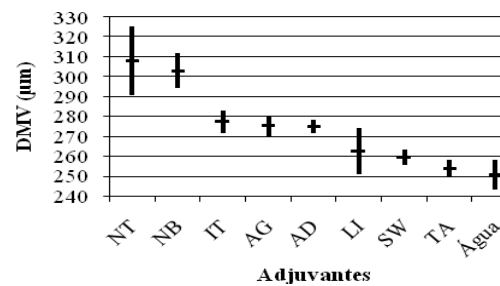


Figura 1: Diâmetro mediano volumétrico (DMV μm) para ponta GA de acordo com diferentes soluções contendo adjuvantes de uso agrícola. Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Miller e Butler Ellis (2000), estudando pontas com indução de ar, apresentaram resultados em que as caldas heterogêneas como emulsões ou suspensões tenderam a ter o comportamento de redução do diâmetro das gotas, enquanto as caldas homogêneas, compostas por produtos solúveis em água, apresentaram tendência de aumento do DMV. Butler Ellis e Tuck (2000) também observaram este mesmo comportamento. No entanto, os resultados encontrados no presente trabalho demonstraram um padrão diferente, onde as caldas heterogêneas contendo óleos emulsionados resultaram em maiores valores de DMV, com diferenças significativas para as demais caldas compostas por adjuvantes solúveis em água. Apesar disso, é importante observar que Miller e Butler Ellis (2000) ressaltam que este comportamento é variável de acordo com cada ponta de pulverização, ou seja, nem sempre obedecendo a um padrão definido, justificando os resultados contraditórios encontrados no presente estudo.

Segundo os resultados de porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (% vol. <100 μm) (Figura 2), os adjuvantes a base de nonil fenol (Agral®, Antideriva e In-Tec®) e o adjuvante lauril éter (TA 35) apresentaram diferenças significativas na redução desta porcentagem em relação à água, assim como em relação ao NT (Óleo Vegetal Nortox) e ao LI (Li-700®). Os adjuvantes SW (Silwet® L-77 Ag) e NB (Nimbus®), apesar de terem valores médios menores que o da água, não apresentaram diferenças significativas. Os adjuvantes NT (Óleo Vegetal Nortox) e LI (Li-700®) tiveram valores médios maiores que a água, mas somente o NT (Óleo Vegetal Nortox) diferenciou-se significativamente. A redução deste percentual é muito importante, pois, segundo diversos autores, estas gotas menores do que 100 μm apresentam altos potenciais de deriva (CHRISTOFOLETTI, 1999 e MATTHEWS, 2000).

Os resultados obtidos evidenciam a capacidade dos adjuvantes surfactantes na redução da % vol. <100 μm em algumas situações, como para a ponta GA. No processo de formação da gota em pontas de pulverização, quando o ar é incorporado na pulverização em forma de bolhas, seja pelo sistema Venturi (em pontas com indução de ar) ou durante a trajetória da pulverização para a formação

da gota no ar, que pode ocorrer em pontas sem indução, a bolha no interior das gotas formam pontos mais fracos que facilita a desintegração das gotas (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000; GULER et al., 2007) Devido a este fato, adjuvantes com maior capacidade de formação de espuma contribui para melhor a retenção das bolhas de ar no interior das gotas, evitando o rompimento das mesmas e a fragmentação das gota, o que consequentemente diminui a %vol.<100 µm. Estes resultados ficam mais evidentes em pontas com indução de ar, em que há uma grande quantidade de ar incorporado nas gotas pulverizadas.

Para os resultados de AR (Figura 3), com exceção do adjuvante TA (TA 35), todos os demais elevaram os valores médios de AR em relação à água. Entretanto, o único adjuvante que apresentou diferença significativa em relação a água foi o NT (Óleo Vegetal Nortox). Na comparação entre os adjuvantes, um destaque deve ser dado para o adjuvante TA (TA 35), que apresentou menor percentual com diferença para todos os demais, indicando um efeito de uniformização do espectro de gotas da ponta GA. Neste sentido, é importante salientar que quanto maior os valores de AR, maior é a variação de tamanhos de gotas pulverizadas (MATHEWS, 2000; CUNHA et al. 2004), resultados que são considerados desfavoráveis em relação à uniformidade do espectro de gotas.

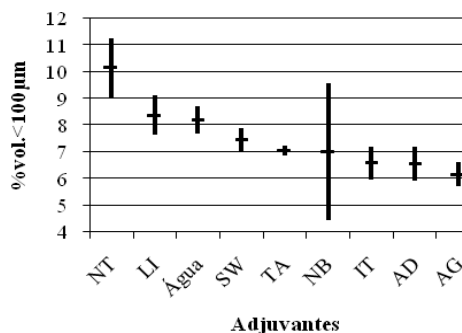


Figura 2: Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (%vol.<100 µm) para a ponta GA de acordo com diferentes soluções contendo adjuvantes de uso agrícola. Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

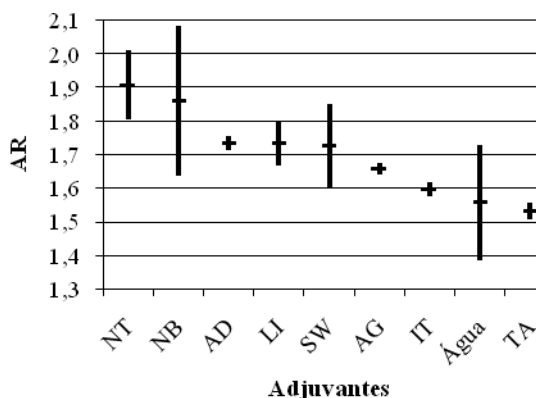


Figura 3: Amplitude relativa (AR), para a ponta GA de acordo com diferentes soluções contendo adjuvantes de uso agrícola. Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4 CONCLUSÃO

Na análise do espectro de gotas a partir de uma ponta com indução ar Guardian Air (Hypro) 11003os óleos adjuvantes (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus) apresentaram maior capacidade no aumento do DMV na comparação com produtos a base de surfatantes. O percentual de gotas abaixo de 100µm foi menor para os adjuvantes a base de nonil fenol (Agral®, Antideriva e In-Tec®) e lauril éter (TA 35), em comparação ao Óleo Vegetal Nortox e ao Li-700®. A amplitude relativa foi maior para os adjuvantes a base de óleo (Óleo Vegetal Nortox e Nimbus®), sendo o menor valor encontrado para o adjuvante a base de lauril éter (TA 35), indicando que este apresentou o melhor potencial de melhoria na qualidade do espectro de gotas da ponta de indução de ar Hypro® GA 11003.

5 REFERÊNCIAS

- 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.
- BUTLER ELLIS, M. C. et. al. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, London, v. 82, n. 3, p. 289-296, 2002.
- BUTLER ELLIS, M. C. B.; TUCK, C. R. The variation in characteristics of air-included sprays with adjuvants. **Aspects of Applied Biology**, Guilford, n.57, p. 155-162, 2000.
- CAMARA, F. T. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.
- COMBELLACK, J. H.; WESTERN, N. M.; RICHARDSON, R. G. 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. **CropProtection**, Guildford, v. 15, n. 2, 142-152, 1996.
- COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-d e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004.

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, T.C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 4, p. 765-70, 1999.

GULER, H. et al. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

HEWITT, A. J. Spray optimization through application and liquid physical property variables **The Environmentalist**, Hampshire, v. 28, n. 1, p. 25-30, 2007.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **CropProtection**, Guildford, v. 19, p. 609-615, 2000.

OLIVEIRA, M. A. P. **Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicada em soja, com e sem a adição de óleo mineral na calda**. 2009. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

OZKAN, H. E. et al. Effect of drift retardant chemicals on spray drift, droplet size and spray pattern. In: BERGER, P. D.; DEVISSETY, B. N.; HALL, F. R. **Pesticide formulations and application systems**, 13v, **ASTM STP 1183**. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1993. p. 183-189.

STAINIER, C. et al. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **CropProtection**, Guildford, v.55, n. 12, p.1-19, 2006.