

## POTENCIAL DE DERIVA NA PULVERIZAÇÃO AÉREA COM PONTA DE JATO PLANO DE IMPACTO\*

RAQUEL BERNA MOREIRA<sup>1</sup> E ULISSES ROCHA ANTUNIASSI<sup>2</sup>

\* Artigo extraído da dissertação do primeiro autor.

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil, raquel.berna@unesp.br

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil, ulisses.antuniassi@unesp.br

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de deriva de pulverizações aéreas com a ponta CP-03 e caldas contendo inseticida e adjuvantes. O experimento utilizou caldas com o inseticida isolado (Engeo Pleno, Syngenta) e misturas deste inseticida com três adjuvantes: um multifuncional baseado em surfactantes (TA35, Inquima) e dois óleos emulsionáveis, um vegetal e um mineral (Natur'oleo, Stoller e Nimbus, Syngenta). Um viscosímetro Brookfield DV-II+ Pro foi utilizado para determinar a viscosidade das caldas. A aplicação aérea foi simulada através de um ventilador com velocidade média de vento de 180 km h<sup>-1</sup>. A taxa de aplicação foi de 20 L ha<sup>-1</sup>. Todas as caldas foram pulverizadas com os três ângulos defletores da ponta CP-03 na pressão de 200 kPa e o espectro de gotas foi determinado utilizando o método de análise de gotas/partículas por análise de imagens (Particle/Droplet Image Analyses - PDIA). Os resultados mostraram que quanto maior o ângulo do defletor da ponta CP-03 maior foi o risco de deriva da pulverização. Observou-se que a adição de óleo à calda aumentou o risco de deriva das aplicações de Engeo Pleno. Não foram observadas correlações significativas entre a viscosidade das caldas e as características do espectro.

**Palavras-chave:** aplicação aérea, tamanho de gotas, inseticida

## DRIFT POTENTIAL IN AERIAL SPRAYING WITH DEFLECTOR FLAT FAN NOZZLE

**ABSTRACT:** The objective of this research was to evaluate the drift potential from aerial applications with a CP-03 nozzle and spray solutions containing insecticides and adjuvants. The experimental design was composed of four spray solutions, one with the insecticide (Engeo Pleno, Syngenta) and another three with a mixture of this insecticide with adjuvants: a multifunctional adjuvant based on surfactants (TA35, Inquima) and two emulsifiable oil adjuvants, vegetables and mineral oils (Natur'oleo, Stoller and Nimbus, Syngenta). A Brookfield DV-II+ Pro viscometer was used to measure the solution viscosity. aerial application was simulated via a fan with an average wind speed of 180 km h<sup>-1</sup>. The application volume rate was 20 L ha<sup>-1</sup> and the spray pressure was 200 kPa. All spray solutions were tested with the three deflection angle settings of the CP-03 nozzle, and the droplet spectra were determined via Particle/Droplet Image Analysis (PDIA). The results showed that larger deflector angles on CP-03 increased the risk of drift. The use of oil-based adjuvants increased the risk of drift, whereas no significant correlations were found between the droplet spectra and the viscosity of the solutions.

**Keywords:** agricultural aviation, droplet size, insecticide

## 1 INTRODUÇÃO

A aviação agrícola é uma ferramenta importante no setor agrícola na busca por maior capacidade operacional e maior produtividade com a aplicação de produtos fitossanitários no

controle de insetos pragas, plantas daninhas e doenças que interferem no desenvolvimento da lavoura. O sucesso na utilização desta ferramenta depende de minimizar a deriva que acontece durante o processo e prejudicar o ambiente adjacente. O processo de formação de

gotas é o resultado da interação entre a ponta de pulverização e o líquido, sendo que o desempenho da ponta é suscetível às propriedades dos líquidos e pela adição de adjuvantes (Ruiter, 2002). Fritz *et al.* (2009) ressaltaram que dependendo da concentração de adjuvantes junto a calda de pulverização, poderá haver interferência na formação das gotas, tornando-se um fator importante e com elevado potencial de modificação do espectro dessas gotas, podendo aumentar ou reduzir seu diâmetro potencializando as perdas. Apesar de gotas menores terem um maior potencial de cobertura e então uma maior eficiência para controlar insetos pragas, doenças e plantas daninhas, elas também são mais propensas à deriva do que as gotas maiores (Antuniassi *et al.*, 2011). Kirk (2003) citou que o espectro de gotas é uma ferramenta que tem sido utilizada como a mais importante variável para análise de redução da deriva nas aplicações. O Engeo Pleno® (tiametoxam) é um inseticida neonicotinóide de segunda geração que apresenta classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e classe ambiental III (perigoso para o meio ambiente) e é utilizado em diversas culturas como o citros e algodão. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi simular uma aplicação aérea para avaliar a influência no potencial de deriva de pulverizações aéreas com a ponta CP-03 e caldas contendo inseticida e adjuvantes, buscando um indicativo de utilização dessas técnicas quanto à segurança das aplicações aéreas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

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 Agrônomicas (FCA/UNESP), Campus de Botucatu – SP. Em condições de laboratório com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4 (3 ângulos defletores x 4 caldas), com 12 tratamentos e cinco repetições, totalizando 60 amostras. Foram preparadas caldas com um inseticida isolado e em mistura com três adjuvantes. Os produtos utilizados nas caldas estão descritos na Tabela 1. As caldas foram preparadas em diluição para uma taxa de aplicação de 20 L ha<sup>-1</sup>, sendo pulverizadas com os três ângulos de deflexão (30°, 55° e 90°) da ponta de pulverização do tipo jato plano de impacto CP-03 (CP Products/USA), na pressão de 200 kPa. A viscosidade das soluções foi mensurada por um viscosímetro Brookfield, modelo LVDV-III+. O diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o percentual de gotas menores do que 100 µm (V100) foram obtidos pelo método PDIA (Particle/Droplet Image Analysis), descrito por Fritz, Hoffmann e Bagley, (2010), utilizando-se o sistema VisiSize Portable juntamente com o software ViseSize 6.0 (Oxford Lasers, U.K.). Para a simulação de aplicação aérea foi utilizado um ventilador de alta capacidade (do tipo "siroco") e a velocidade do vento foi monitorada em tempo real, mantido em média a 180 km h<sup>-1</sup> (180 ± 0,2 determinada pelo IC95% de cinco determinações ao longo do ensaio).

**Tabela 1.** Descrição dos produtos utilizados para a elaboração das caldas de pulverização.

Nome Comercial	Classe	Componente principal	Fabricantes	Dose (L p.c. ha <sup>-1</sup> )
Engeo Pleno®	Inseticida	tiametoxam	Syngenta	0,15
Nimbus®	Adjuvante	óleo mineral	Syngenta	0,5
Natur'l óleo®	Adjuvante	óleo vegetal	Stoller	1,0
TA 35®	Adjuvante	lauril éter sulfato de sódio	Inquima	0,05

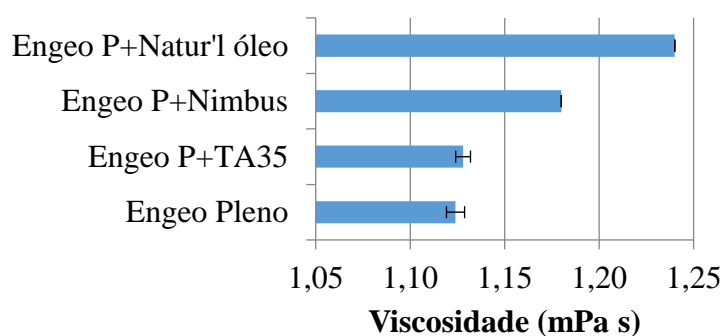
A ponta CP-03 foi acoplada na saída deste equipamento gerador de vento, ligada a um sistema de pulverização estacionário. Para formar uma corrente de ar contínuo entre a ponta de pulverização e o equipamento de leitura das gotas, foi construída uma estrutura em formato de cone no entorno da ponta de pulverização até o equipamento leitor de gotas, com um diâmetro inicial de 0,31 m e diâmetro final de 0,50 m. O analisador de gotas foi posicionado de forma centralizada com a câmara do equipamento à frente da ponta de pulverização. Os resultados do espectro de gotas foram submetidos à análise de variância com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Após a comparação dos tratamentos para todas as variáveis avaliadas, as correlações de

Pearson ( $P < 0,05$ ) foram calculadas para verificar as associações entre a viscosidade da calda e as características do espectro de gotas. As médias de viscosidade foram comparadas pelo Intervalo de Confiança ao nível de 95% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1 estão apresentados os valores médios da viscosidade para todas as caldas avaliadas. A presença dos adjuvantes nas caldas aumentou a viscosidade em comparação com a calda com o inseticida isolado, sendo que os maiores valores foram observados para as caldas com óleo, com diferenças significativas entre os adjuvantes.

**Gráfico 1.** Valores de viscosidade das caldas (médias  $\pm$  IC95%)



Na Tabela 2 são apresentados os valores referentes ao espectro de gotas, observando-se nos valores de DMV que quanto maior o ângulo defletor menor será o tamanho das gotas. Este resultado é esperado pelo fato de que quanto maior o ângulo, mais forte será o impacto entre a calda e o anteparo da ponta, gerando maior fragmentação da calda pulverizada. Observa-se também que a presença dos adjuvantes

promoveu redução do DMV, com exceção do ângulo de 90°. Na comparação apenas entre os tratamentos com adjuvantes, o TA-35 propiciou o maior valor de DMV, com diferenças significativas para todos os ângulos de 30 e 55°, enquanto o valor do DMV para o Nimbus foi menor do que para o Natur'l óleo, com diferença significativa para o ângulo de 30°.

**Tabela 2.** Desdobramento dos ângulos defletores para cada calda (CL) em relação ao diâmetro mediano volumétrico (DMV).

CL	DMV ( $\mu\text{m}$ )		
	Ângulo 30°	Ângulo 55°	Ângulo 90°
Engeo Pleno	283,3 aA*	208,3 bA	157,9 cA
Engeo Pleno+TA35	272,0 aB	209,7 bA	163,6 cA
Engeo Pleno+Natur'l óleo	244,2 aC	195,2 bB	162,2 cA
Engeo Pleno+Nimbus	234,1 aD	192,7 bB	157,7 cA

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). DMS para colunas = 7,7; DMS para linhas = 7,0

Na Tabela 3, estão apresentados os valores do V100. Os valores de V100 foram maiores com o aumento do ângulo do anteparo, com diferenças significativas entre os ângulos para todas as caldas. O acréscimo de óleo mineral junto à calda aumentou o V100 para os ângulos de 30° quando aos demais tratamentos.

O TA-35 propiciou valores de V100 menores do que o óleo mineral (Nimbus) nos ângulos de 55 e 90°. Todos os adjuvantes reduziram o valor de V100 no ângulo de 90°, sendo que o TA-35 foi o adjuvante que propiciou o menor valores de V100 para este ângulo.

**Tabela 3.** Desdobramento dos ângulos defletores para cada calda (CL) em relação ao percentual de gotas menores que 100 µm (V100).

CL	V100 (%)		
	Ângulo 30°	Ângulo 55°	Ângulo 90°
Engeo Pleno	11,2 cB*	15,4 bBC	23,5 aA
Engeo Pleno+TA35	10,5 cB	14,6 bC	20,5 aC
Engeo Pleno+Natur'1 óleo	12,0 cB	17,0 bAB	22,4 aAB
Engeo Pleno+Nimbus	13,9 cA	18,0 bA	21,4 aBC

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), DMS para colunas = 1,6; DMS para linhas = 1,4

Para melhor compreensão da interferência das caldas na formação do espectro de gotas, determinou-se o coeficiente de correlação entre os valores médios de viscosidade e o DMV e o V100 (Tabela 4). O DMV apresentou um coeficiente de correlação inverso (de sinal negativo) com a viscosidade, que apesar de forte, não foi significativo. No caso do V100, o coeficiente de correlação foi direto (de sinal positivo), moderado e não significativo. Apesar da ausência de

significância, os sinais dos coeficientes de correlação mostram que na medida em que a viscosidade das caldas aumenta, observa-se alguma tendência de aumentar o risco de deriva da aplicação, com menores valores de DMV e maiores valores de V100. Segundo Reichard e Zhu (1996), os adjuvantes que aumentam a viscosidade são adicionados às caldas para aumentar o DMV e, conseqüentemente, reduzir a deriva, referência que se contradiz com os resultados obtidos neste trabalho.

**Tabela 4.** Correlação entre DMV, V100 e a viscosidade das caldas

	Viscosidade
DMV	-0,77 ns
V100	0,58 ns

ns.: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ )

Ao analisar a interferência de diferentes adjuvantes no espectro de gotas, Mota e Antuniassi (2013) e Madureira, Raetano e Cavalieri (2015) também encontraram resultados divergentes a esta pesquisa, onde em aplicação terrestre obteve-se aumento do DMV na aplicação com óleos quando comparado ao adjuvante a base de surfactante. Ainda, Sanderson *et al.* (1997), através de simulação de aplicação aérea com a ponta de pulverização D8-46, observaram que as caldas compostas por surfactantes obtiveram valores de DMV

menores que as caldas compostas por adjuvantes à base de óleo.

A relação inversa de DMV e direta do V100 com a viscosidade, na ponta CP-03, pode ser explicada pela interação entre os processos de impacto do líquido com o anteparo e o cisalhamento das gotas pelo vento. Líquidos de maior viscosidade terão menor velocidade de escoamento na saída do anteparo, gerando maior diferença de velocidade entre as gotas e o vento. Por esta razão, ocorre maior cisalhamento das gotas, resultando em menor DMV e maior V100.

Trata-se, portanto, de um fenômeno que diferencia a condição de formação das gotas com relação a todos os trabalhos descritos anteriormente, onde não há a ação de cisalhamento pelo vento, ocorrendo apenas a ação da viscosidade na passagem do líquido pelo orifício da ponta. Neste sentido, Fritz e Hoffmann (2015) descrevem efeito similar ao obtido neste trabalho quando do ensaio de pontas e caldas de pulverização em diferentes pressões, nas aplicações aéreas. Os autores descrevem, da mesma maneira que observado neste trabalho, que a diferença de velocidade das gotas com relação ao fluxo de ar foi fator predominante no processo de geração do espectro de gotas.

#### 4 CONCLUSÕES

Em condições de aplicação aérea do inseticida Engeo Pleno quanto maior o ângulo do defletor da ponta CP-03 maior foi o risco de deriva da pulverização. O ângulo defletor de 30°, se posicionou como melhor técnica com potencial para reduzir a deriva, pois apresentou os menores valores de V100 e maiores valores de DMV para todas as caldas avaliadas. Tomando-se como base os valores de DMV e V100, observou-se que a adição de óleo à calda aumentou o potencial risco de deriva das aplicações de Engeo Pleno.

#### 5 REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D.; OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, M. A. P.; FIGUEIREDO, Z. N. Systems of aerial spraying for soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 695-703, 2011.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; BAGLEY, W. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift. **Applied Engineering In Agriculture**, St. Joseph, v. 26, n. 1, p. 21-29, 2010.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C.; PARKER, C.; LÓPEZ JÚNIOR, J. D. Development and testing of a laboratory spray table methodology to bioassay simulated levels of aerial spray drift. **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, v. 6, n. 6, p. 1-11, 2009.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN, W. C. Update to the USDA-ARS fixed-wing spray nozzle model. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 58, n. 2, p. 281-295, 2015.

KIRK, I. W. **Spray mix adjuvants for spray drift mitigation**. St. Joseph: ASABE, 2003. (Paper n. AA03-003).

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, R. U. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 1-5, 2013.

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**, Campo Grande, v. 19, n. 2, p. 180-185, 2015.

REICHARD, D. L.; ZHU, H. A system to measure viscosities of spray mixtures at high shear rates. **Pesticide Science**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 37-143, 1996.

RUITER, H. Developments in adjuvant use for agrochemicals. **Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet**, Cieszynski, v. 67, n. 2, p. 19-25, 2002.

SANDERSON, R.; HEWITT, A. J.; HUDDLESTON, E. W.; ROSS, J. B. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied Propanil formulations. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.