

AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DA DERIVA DE AGROTÓXICOS EM PULVERIZAÇÕES HIDRÁULICAS¹

Evaluation of Strategies to Reduce Pesticide Spray Drift

CUNHA, J.P.A.R.², TEIXEIRA, M.M.³, COURY, J.R.⁴ e FERREIRA, L.R.⁵

RESUMO - A deriva nas aplicações de agrotóxicos é considerada um dos maiores problemas da agricultura. Entre os fatores que a influenciam, o tamanho das gotas pulverizadas tem-se mostrado primordial. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos efeitos da adição de óleo vegetal emulsionável à calda de pulverização e do uso de pontas antideriva sobre o espectro de gotas e sobre o potencial de deriva de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. Em ambiente controlado, avaliou-se a população de gotas, por meio de um analisador de gotas por difração de raio *laser*, em tempo real, pulverizadas utilizando-se bicos *standard*, com e sem a adição de adjuvante, e bicos antideriva, na faixa de pressão de 200 a 400 kPa. Como complementação, avaliou-se também a deriva em campo, utilizando-se alvos artificiais fora da área de aplicação, procedendo-se à contagem de gotas em diferentes distâncias. Observou-se que a adição de óleo vegetal à calda de pulverização e o uso de bicos de pulverização antideriva, dotados de pré-orifício, alteraram o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a percentagem de gotas propensas à ação dos ventos, constituindo-se, portanto, em fator auxiliar para redução da deriva.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, bicos de pulverização, adjuvantes, gotas.

ABSTRACT - *Pesticide spray drift is a major problem in agriculture today. Among the factors influencing drift, droplet size is of paramount importance. Thus, this work aimed to evaluate the effects of adding emulsifying vegetable oil to the pesticide emulsion and using low drift nozzles on droplet spectrum formation and, consequently, on the drift potential of fan spray nozzles. Droplet distribution was measured under controlled atmosphere, using a real time laser particle size analyzer. The droplets were generated with standard nozzles, with and without the addition of adjuvants, and with low drift nozzles, with the operating pressure ranging from 200 to 400 kPa. Also, drift was evaluated in the field, using artificial targets placed outside the application area, where droplet counting was accomplished. The results showed that both the addition of vegetable oil to the pesticide emulsion and the use of low drift nozzles altered droplet size spectra, increasing the diameter of the drops and reducing the percentage of drops subject to wind action being, thus, effective factors in drift reduction.*

Key words: application technology, nozzles, adjuvants, and droplets.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, embora desempenhem papel de fundamental importância dentro do sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação por parte dos

diversos segmentos da sociedade, em virtude de seu potencial de risco ambiental (Barcellos et al., 1998). Tradicionalmente, há na sociedade consenso de que os agrotóxicos são prejudiciais ao homem, devido às notícias de contaminação de animais e seres humanos. No

¹ Recebido para publicação em 26.11.2002 e na forma revisada em 11.8.2003.

² Doutorado, Bolsista do CNPq, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36571-000 Viçosa-MG; ³ Professor, Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. ⁴ Professor, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos – UFSC. ⁵ Professor, Departamento de Fitotecnia da UFV.



entanto, o seu uso tem contribuído para a prática agrícola, por meio da redução de mão-de-obra e do aumento da produção, abaixando os custos e melhorando a qualidade dos alimentos. Sua utilização deve ser feita de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas. Evitam-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal e o aparecimento de pragas, doenças e plantas daninhas mais resistentes.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos disponíveis, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (Teixeira, 1997). Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, do tipo costal, utilizado em pequenas áreas, até os equipamentos mais sofisticados, como os pulverizadores de barra autopropelidos. Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam, sem dúvida, um dos principais componentes: garantem a qualidade e a segurança da aplicação (Tewari et al., 1998). O que se chama genericamente de bico é o conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. Esse conjunto é composto de várias partes, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido (Christofoletti, 1999).

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à técnica de aplicação. Não basta conhecer o produto a ser aplicado, também é fundamental conhecer a forma de aplicação. É preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado.

O objetivo da tecnologia de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, sem afetar o ambiente (Durigan, 1989). Muitas vezes, entretanto, parte do produto aplicado se perde no ambiente, principalmente por deriva. Além do prejuízo resultante da perda de agrotóxico e dos danos que podem ser causados em culturas adjacentes, a deriva assume grande

importância devido à conscientização da população em relação à qualidade de água e alimentos e a outras questões ambientais (Lunkes, 1996).

A deriva é considerada um dos maiores problemas da agricultura (Sumner & Sumner, 1999). O desvio da trajetória que impede que as gotas produzidas atinjam o alvo está relacionado, principalmente, ao tamanho de gotas e à velocidade do vento (Silva, 1999). De acordo com as condições ambientais, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental. Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (Sumner, 1997; Murphy et al., 2000; Wolf, 2000).

O tamanho de gotas produzidas por um bico de pulverização depende de vários fatores, dentre os quais podem-se destacar as propriedades do líquido pulverizado e o tipo de bico. Fluidos com maior viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização. Portanto, a pulverização de líquidos que tenham maior viscosidade e maior tensão superficial produz gotas maiores (Christofoletti, 1999). Dessa forma, uma opção economicamente viável encontrada para aumentar a viscosidade do líquido, bem como a eficiência das pulverizações, tem sido a adição de óleo vegetal às caldas de pulverização de herbicidas, fungicidas e inseticidas. A utilização de óleo vegetal como adjuvante tem indicação principal de espalhante adesivo, mas sua característica de viscosidade pode alterar também o espectro de gotas pulverizadas. As especificações dos bicos de pulverização são definidas em testes com água. O acréscimo de um adjuvante pode alterar o padrão de gotas e a vazão (Azevedo, 2001). Segundo Miller & Butler Ellis (2000), mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento destas em contato com o alvo, alterando o risco potencial de deriva da aplicação.

A escolha e o uso adequado de bicos de pulverização também constituem passos importantes para a melhoria das condições de

precisão e segurança na aplicação de defensivos agrícolas (Womac et al., 1997). O conhecimento das condições de trabalho e, principalmente, do desempenho das pontas de pulverização são elementos básicos para uma aplicação adequada e eficiente (Christofolletti, 1999). De acordo com Johnson & Swetnam (1996), a seleção apropriada dos bicos é essencial para a aplicação de defensivos, sendo o fator principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva.

Existe no mercado uma série de bicos hidráulicos, em vários tipos e usos definidos para diferentes e específicas condições. Dentre os mais usados, destacam-se os de jato plano, que, dependendo das características de pressão e ângulo de abertura, podem apresentar alto risco de deriva. Os fabricantes, no entanto, têm lançado recentemente no mercado novos bicos, com grande potencial antideriva. Trata-se de pontas de pulverização dotadas de um pré-orifício, localizado antes da abertura para a formação do jato, que permite a formação de gotas de maior diâmetro.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos efeitos da adição de óleo vegetal emulsionável à calda de pulverização e do uso de pontas antideriva sobre o espectro de gotas e potencial de deriva de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Ambiental do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos e no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Avaliou-se o espectro de gotas da pulverização hidráulica, utilizando-se bicos de jato plano *standard*, com e sem a adição de adjuvante à calda de pulverização, e bicos de jato plano antideriva, em três diferentes pressões. O adjuvante ésteres de ácidos graxos com glicerol (óleo vegetal emulsionável 93,0% v/v), na formulação concentrado emulsionável, foi adicionado à calda de pulverização na dose de 0,5 L de produto comercial por 100 L de calda.

Utilizaram-se pontas de pulverização hidráulicas de jato plano, fabricadas em alumina

revestida por poliacetal, adquiridas no mercado, com ângulo de abertura de 110° e vazão nominal de 0,80 L min⁻¹ à pressão de 275 kPa: API 110-02 (Alumina Plastic ISO) e ADI 110-02 (Alumina Drift ISO), fabricadas pela AlbuZ - Ceramiques Techniques Desmarquest, Evreux, France. Essas pontas de jato plano, de acordo com o fabricante, são de uso geral, produzindo aplicações uniformes quando se sobrepõem os jatos de pulverização, sendo recomendadas para trabalhar a pressões entre 200 e 400 kPa, com altura mínima da barra de 40 cm em relação ao alvo.

Em laboratório, a pulverização foi avaliada levando-se em conta o espectro de gotas produzidas e o potencial de deriva, considerando as pressões de 200, 300 e 400 kPa. Os parâmetros seguintes foram tomados: $D_{v0,1}$ (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $D_{v0,5}$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica - DMV), $D_{v0,9}$ (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), SPAN (amplitude relativa) e percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 µm. Optou-se pela determinação desses parâmetros, em vez da classificação em categorias sugerida pela ASAE (2000), com a finalidade de permitir maior distinção entre os tratamentos.

A amplitude relativa (SPAN) foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$SPAN = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}}$$

O espectro da população de gotas foi determinado de forma direta, utilizando-se um analisador de gotas em tempo real, com base na técnica da difração de raio *laser*. Empregou-se o equipamento Spraytec (*Malvern Spraytec Real Time Droplet Sizing System, Malvern Instruments, Malvern, England*), com diâmetro do feixe do *laser* de 10 mm, lente focal de 200 mm, comprimento de onda do *laser* de 670 nm e ponte óptica de base longa. Inicialmente, verificou-se o alinhamento do feixe



óptico, garantindo o seu correto posicionamento no sistema detector; monitorou-se o sistema de fundo (segundo plano) - medida da luz desviada no sistema óptico e da contaminação das janelas por partículas; e procedeu-se à calibração do aparelho, utilizando-se o retículo-padrão RS-3 (retículo aprovado pelo ASTM - American Society for Testing and Materials - para calibração de instrumentos de análise de partículas baseados na técnica da difusão do *laser*). De acordo com o fabricante, o instrumento apresenta 3% de acurácia e precisão de 1%, utilizando-se o retículo-padrão. Para a análise dos dados, fez-se uso do *software* RTSizer™ (*Insitac, Malvern, England*).

Na determinação do espectro de gotas, utilizou-se um equipamento de pulverização costal, a pressão constante (CO_2), montado de tal forma que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso do analisador, permitindo obter diretamente o espectro de gotas médio para cada condição desejada. O bico de pulverização situou-se a 25 cm acima do feixe óptico (ASAE, 2000).

Os ensaios foram realizados em ambiente controlado, com o intento de minimizar o efeito das condições ambientais (temperatura do ar inferior a 28 °C, umidade relativa do ar superior a 60% e ausência de ventos). Os manômetros utilizados foram previamente calibrados por meio de uma estrutura de reação dotada de massas-padrão, obtendo-se a relação entre pressão indicada e pressão real.

Como forma complementar, avaliou-se também a deriva dos três tratamentos em campo (jato plano *standard*, com e sem adjuvante, e jato plano antideriva), empregando-se a pressão de 300 kPa. Essa avaliação foi feita durante aplicações de fungicida em feijoeiro, fazendo-se uso do pulverizador costal (CO_2), a uma velocidade de deslocamento de 6 km h⁻¹, perfazendo um volume de pulverização de 125 L ha⁻¹. Adotou-se altura do bico pulverizador de 50 cm em relação ao alvo.

Utilizaram-se alvos artificiais, etiquetas de papel sensível à água (Ciba-Geigy), de acordo com metodologia apresentada por Wolf & Frohberg (2002) e Sumner & Sumner (1999). Os alvos foram coletados fora da área-alvo de aplicação, a 5, 10 e 15 m de distância da bordadura de aplicação, no sentido de deslocamento

do vento, a um metro de altura. Durante as aplicações foram monitoradas a velocidade do vento, a umidade relativa e a temperatura do ar.

Esses papéis, disponíveis no mercado, são impregnados com o corante azul-de-bromofenol, que na sua forma não-ionizada apresenta coloração amarela. A água, entretanto, quando o atinge, ioniza a substância, e esta adquire forte coloração azul. Assim, após a aplicação, procedeu-se à contagem dos impactos ocorridos em cada etiqueta (76 x 26 mm), sendo, portanto, indicativo da intensidade de deriva para cada tratamento. Os fabricantes do papel sensível à água alertam para o fato de que esse substrato pode apresentar limitações de captura de gotas com diâmetro inferior a 30 µm. Essas gotas, no entanto, apresentam dificuldade de deposição em qualquer tipo de alvo (Chaim et al., 1999).

Para a análise estatística dos dados de espectro de gotas, considerou-se o experimento em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, no esquema fatorial 3 x 3 (três formas de aplicação e três pressões de operação). A análise estatística do estudo de deriva em campo, para as três formas de aplicação, foi feita considerando um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Adotou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para o estudo comparativo das médias dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Saeg 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das gotas por classe de tamanho para a pulverização utilizando bicos de jato plano *standard*, com e sem a adição de adjuvante à calda, e bicos de jato plano antideriva, para as pressões de 200, 300 e 400 kPa, encontra-se na Figura 1. A inclinação da curva de volume acumulado indica a existência de gotas de diferentes tamanhos, razão pela qual essas pulverizações são consideradas de espectro heterogêneo. Uma pulverização que fosse formada por gotas do mesmo tamanho seria representada no gráfico por uma linha vertical (*step function*). Quanto mais inclinada a curva, maior será a variação do tamanho das gotas geradas (Christofolletti, 1999).

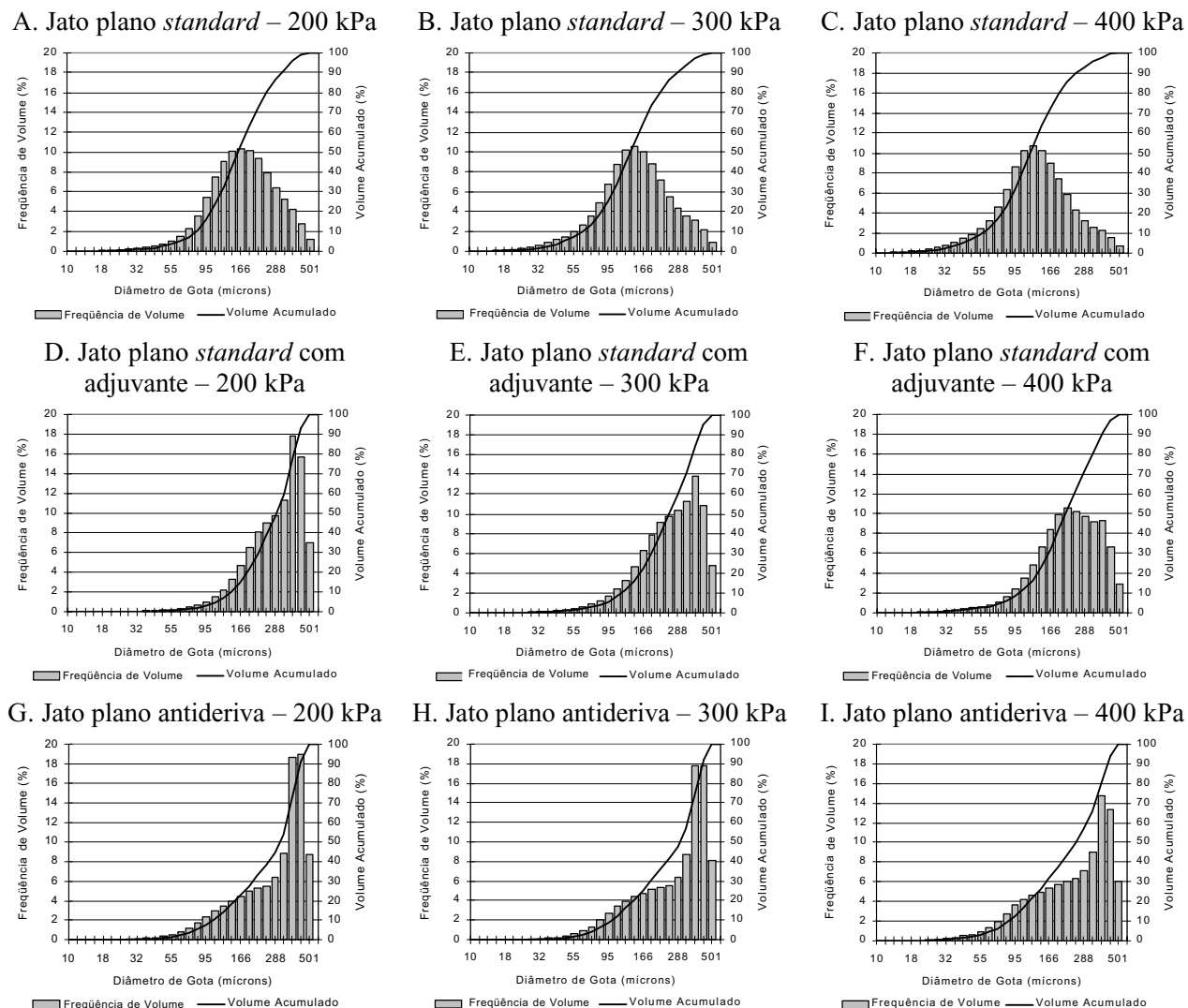


Figura 1 - Espectro de gotas pulverizadas utilizando bicos de jato plano *standard* (API 110-02), com e sem a adição de adjuvante à calda, e bicos de jato plano antideriva (ADI 110-02), para as pressões de 200, 300 e 400 kPa.

A Tabela 1 resume os valores dos diâmetros médios para os volumes acumulados de 10, 50 e 90% e da amplitude relativa. Os diâmetros da mediana volumétrica (DMV) variaram de 124 a 322 μm . Em geral, valores de DMV inferiores a 250 μm indicam risco potencial de deriva, que acontece principalmente em virtude das gotas menores que 100 μm . Em contrapartida, valores de DMV superiores a 500 μm sugerem problemas de escorrimento, que, comumente, ocorrem com gotas maiores que 800 μm .

Na Tabela 2 é mostrada a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 μm . Esses parâmetros indicam o

potencial de deriva da aplicação. Quanto menores esses valores, menor o risco de perda de defensivo durante uma aplicação causada por arrastamento. Em geral, valores inferiores a 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm parecem ser mais adequados a uma aplicação segura.

Nota-se que os bicos de jato plano *standard*, avaliados sem a adição de óleo à calda, possuem alto potencial de risco de deriva, mesmo em baixa pressão. Em média, apresentaram DMV de 141 μm e 24% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100 μm .

Tabela 1 - Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas pulverizadas utilizando bicos de jato plano *standard*, com e sem a adição de adjuvante à calda de pulverização, e bicos de jato plano antideriva, para as pressões de 200, 300 e 400 kPa

Tratamento	D _{v0,1} (µm)			D _{v0,5} (µm)			D _{v0,9} (µm)			SPAN		
	Pressão (kPa)											
	200	300	400	200	300	400	200	300	400	200	300	400
Bico <i>standard</i> *, sem adjuvante	81Ac	64Bc	57Bb	164Ac	134Bc	124Bc	330Ab	280Bb	256Bc	1,52Aa	1,61Aa	1,60Aa
Bico <i>standard</i> *, com adjuvante	145Aa	121Ba	102Ca	297Ab	252Bb	219Cb	424Aa	407ABa	385Bb	0,94Bb	1,14Ab	1,29Ab
Bico antideriva**	113Ab	101ABb	89Ba	322Aa	298Ba	262Ca	434Aa	429Aa	421Aa	1,00Bb	1,10Bb	1,27Ab

* Bico API 110-02, ** Bico ADI 110-02

D_{v0,1} - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; D_{v0,5} - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; D_{v0,9} - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; SPAN - amplitude relativa.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2 - Percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 µm utilizando bicos de jato plano *standard*, com e sem a adição de adjuvante à calda de pulverização, e bicos de jato plano antideriva, para as pressões de 200, 300 e 400 kPa

Tratamento	% Volume de Gotas Menores que 100 µm			% Volume de Gotas Menores que 150 µm			% Volume de Gotas Menores que 200 µm					
	Pressão (kPa)											
	200	300	400	200	300	400	200	300	400			
Bico <i>standard</i> *, sem adjuvante	15,71Ca	25,57Ba	30,72Aa	40,97Ca	55,70Ba	61,68Aa	60,97Ba	74,33Aa	79,04Aa			
Bico <i>standard</i> *, com adjuvante	2,98Cc	5,33Bc	8,47Ac	9,89Cc	15,84Bc	22,56Ab	20,89Cb	30,51Bb	39,82Ab			
Bico antideriva**	6,90Bb	8,67Bb	11,98Ab	16,63Bb	20,57Bb	25,63Ab	25,45Bb	30,45ABb	36,14Ab			

* Bico API 110-02, ** Bico ADI 110-02

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A adição de óleo vegetal à calda de pulverização aumentou o diâmetro das gotas. Comparando os diâmetros característicos dos bicos *standard*, com e sem adição de adjuvante, nota-se o aumento dos valores com o uso do adjuvante em todas as pressões estudadas. A percentagem de gotas com diâmetro inferior a 100, 150 e 200 µm diminuiu, demonstrando o potencial do adjuvante na redução da deriva. Esse resultado está em conformidade com os resultados apresentados por Cu et al. (1992). Esses autores, avaliando o efeito do óleo de soja como

adjuvante no espectro de gotas analisadas em alvos artificiais, concluíram que ocorre aumento do diâmetro de gotas com o acréscimo de óleo à calda de pulverização. O óleo vegetal aumenta a tensão superficial e a viscosidade da calda a ser aplicada, dificultando sua desintegração em gotas pelo bico de pulverização (Sanderson et al., 1997). Também Wolf (2000) e Sumner (1997) mostram que a adição de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar o espectro de gotas pulverizadas, reduzindo o risco potencial de deriva.

Os bicos antideriva também contribuíram para o aumento do tamanho das gotas, diminuindo o risco potencial de deriva. O pré-orifício permite a formação de uma câmara, fazendo com que as gotas pequenas se juntem, formando gotas maiores. Utilizando bicos *standard* sem a adição de óleo, em média, 24% do volume pulverizado apresentou gotas de diâmetro inferior a 100 µm; com a adição de 0,5 L de adjuvante por 100 L de calda, 6%; e com a utilização de bicos antideriva, 9%. À medida que se aumentou a pressão, o risco de deriva aumentou. Sumner & Sumner (1999) também constataram a redução do potencial de deriva com a utilização de alguns bicos antideriva avaliados.

É possível verificar que a amplitude relativa do tamanho das gotas (SPAN) foi mais favorável quando se trabalhou com bico *standard* com adição de óleo e bico antideriva. Os valores obtidos variaram de 0,94 a 1,61. À medida que se deseja aumentar a qualidade da pulverização, deve-se exigir mais do desempenho dos bicos e, especialmente, da homogeneidade do espectro de gotas. Numericamente, quanto maior o valor da amplitude relativa, maior será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa tendendo a zero. Os valores de DMV e amplitude relativa devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor. A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho das gotas.

Analisando os resultados, verifica-se também que a pressão influenciou o espectro de gotas. Maiores pressões ocasionaram menor tamanho de gotas. Portanto, uma maneira simples de se evitar a deriva consiste em trabalhar com os bicos de pulverização em pressões mais baixas, próximas ao limite inferior indicado pelos fabricantes para a boa uniformidade de distribuição dos bicos.

Na Tabela 3 é mostrado o resultado da avaliação em campo. As condições meteorológicas no momento das aplicações foram estáveis, com velocidade do vento variando entre o mínimo de 2,0 e o máximo de 2,5 m s⁻¹, temperatura média de 21°C e umidade relativa em torno de 85%. Em conformidade com os resultados apresentados anteriormente, os bicos *standard*

Tabela 3 - Densidade de gotas depositadas em alvos artificiais em diferentes distâncias da área-alvo, utilizando bicos de jato plano *standard*, com e sem a adição de adjuvante à calda de pulverização, e bicos de jato plano antideriva, à pressão de 300 kPa

Tratamento	Densidade de Gotas (gotas cm ⁻²)		
	Distância da Área-Alvo		
	5 m	10 m	15 m
Bico Standard*, sem adjuvante	17,75A	7,75A	2,5A
Bico Standard*, com adjuvante	3,00B	1,75B	0,75B
Bico antideriva**	2,85B	1,25B	0,5B

* Bico API 110-02, ** Bico ADI 110-02.

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

sem adjuvante apresentaram maior grau de deriva nas três distâncias avaliadas. As pontas antideriva e a adição de adjuvante permitiram controle da deriva, reduzindo o arrastamento de partículas e diminuindo significativamente o número de gotas fora da área-alvo.

Dessa forma, de acordo com a metodologia utilizada, pode-se concluir que a adição de óleo vegetal à calda de pulverização e o uso de bicos de pulverização antideriva dotados de pré-orifício alteraram o espectro de gotas pulverizadas, aumentando-lhes o diâmetro e diminuindo a percentagem daquelas gotas propensas à ação dos ventos, constituindo-se, portanto, em fator auxiliar para redução da deriva nas pulverizações.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING - ASAE. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph: 2000. p. 389-391. (ASAE Standard, S572 AUG99).
- AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo, 2001. 230 p.
- BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Eng. Agric.**, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.
- CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.
- Planta Daninha, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003



- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle.** São Paulo: Teejet South América, 1999. 15 p.
- CU, R. M.; PHIPPS, P. M.; STIPES, R. J. Adjuvant effects of soyoil 937® on fungicides for control of early leafspot and sclerotinia blight in peanuts. In: FOY, C. L. **Adjuvants for agrichemicals.** Boca Raton: CRC Press, 1992. p. 657-666.
- DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989. (paginação irregular)
- JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles: selection and calibration.** Lexington: University of Kentucky, 1996. 6 p.
- LUNKES, J. A. **Efeito de subdoses de glyphosate e oxyfluorfen simulando deriva sobre a cultura do feijoeiro.** 1996. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Prot.**, v. 19, p. 609-615, 2000.
- MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **J. Agric. Eng. Res.**, v. 75, p. 127-137, 2000.
- SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protec.**, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.
- SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. (Eds.) **Principais doenças fúngicas do feijoeiro.** Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.
- SUMNER, P. E. **Reducing spray drift.** Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005)
- SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles.** St. Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (ASAE Paper n.99-1156).
- TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.
- TEWARI, V. K.; MURALIKRISHNA, R. V. S.; PANDYA, A. C. **Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles.** St. Joseph: ASAE, 1998. 15 p. (ASAE Paper n.98-1025).
- WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift.** Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series)
- WOLF, R. E.; FROHBERG, D. D. **Comparison of drift for four drift-reducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using dropletscan software.** St. Joseph: ASAE, 2002. 7 p. (ASAE Paper n.02-1101)
- WOMAC, A. R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles.** St. Joseph: ASAE, 1997. 47 p. (ASAE Paper n.97-1069)