

O BALANÇO ENTRE O DESEMPENHO E A SEGURANÇA NA OPERAÇÃO É O FOCO NA HORA DE DECIDIR QUAL ESPECTRO DE GOTAS DEVE SER USADO EM UMA APLICAÇÃO AÉREA. PARA ISSO, SÃO UTILIZADAS, EM GERAL, DUAS TECNOLOGIAS PARA A GERAÇÃO DE GOTAS: AS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO HIDRÁULICAS (JATOS PLANOS COMUNS, DE IMPACTO E JATOS CÔNICOS) E OS ATOMIZADORES ROTATIVOS (DE TELAS E DE DISCOS).

GERAÇÃO DE GOTAS NA APLICAÇÃO AÉREA

Autores

Rodolfo G. Chechetto
Engenheiro agrônomo,
da AgroEfetiva.
Botucatu/SP

**Fernando K. Carvalho/
Alisson A. B. Mota**
Pesquisadores da
AgroEfetiva. Botucatu/SP

Ulisses R. Antuniassi
Engenheiro agrônomo, Professor Titular
do Departamento de Engenharia Rural da
FCA/UNESP - Botucatu/SP

1. Introdução

Um dos maiores desafios no planejamento de uma aplicação aérea é a decisão do espectro de gotas: devemos usar gotas mais finas ou gotas mais grossas? Do ponto de vista prático, o ideal é encontrar um balanço entre o desempenho e a segurança da operação, buscando maximizar a cobertura e a penetração das gotas no dossel das plantas, sem descuidar do risco de perdas e deriva na aplicação.

2. Geração de gotas nas aplicações aéreas

Na aplicação aérea de defensivos agrícolas são utilizadas, em geral, duas tecnologias para a geração de gotas: as pontas de pulverização hidráulicas (jatos planos comuns, de impacto e jatos cônicos), assim como os atomizadores rotativos (de telas e de discos).

2.1 Pontas de pulverização

As pontas de pulverização utilizadas em aeronaves agrícolas são semelhantes àquelas dos equipamentos terrestres, porém, com vazão superior, devido à velocidade de operação que varia em média entre 80 km h⁻¹ (alguns helicópteros) a 260 km h⁻¹ (aeronaves turboélice). Na escolha das pontas, os principais itens que devem ser considerados são o espectro de gotas desejado, a vazão, a taxa de aplicação, a velocidade de deslocamento da aeronave e a largura da faixa de deposição.

Nas pontas de jato plano comum, como aquelas fornecidas pela CP Products (Figura 1), as gotas são geradas quando ocorre a passagem do líquido sob pressão por um orifício de saída, geralmente com velocidade e energia suficientes para espalhar o líquido, formando uma lâmina líquida, a qual se torna instável até a sua desintegração. Concomitantemente a isto, há o impacto do líquido



Figura 1. Ilustração de um bico de pulverização CP-11TT equipado com diferentes pontas de jato plano comum.

Fonte: CP Products.

com o ar, ocorrendo a fragmentação em gotas de diferentes tamanhos dependendo da velocidade da aeronave e o ângulo do jato pulverizado com a direção do fluxo de ar formado pelo voo. O espectro de gotas também sofre influência do ângulo do jato formado, sendo que as pontas de maior ângulo em geral produzem maior quantidade de gotas finas, aumentando o risco de deriva (Figura 2).

As pontas de jato plano de impacto

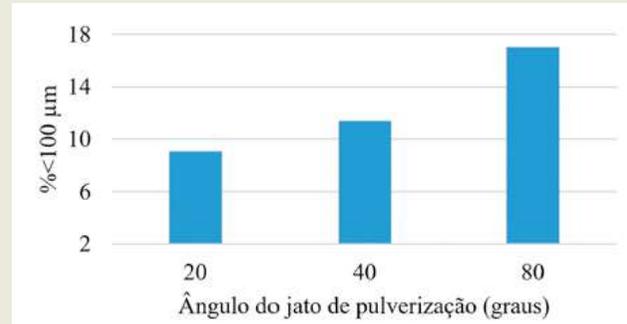


Figura 2. Percentual de gotas menores do que 100 µm (indicativo do risco de deriva das aplicações) de acordo com o ângulo do jato formado para as pontas de jato plano CP-11TT 2008, CP-11TT 4008 e CP-11TT 8008, na velocidade do vento de 190 km h⁻¹. **Fonte:** Universidade de Nebraska, 2015.

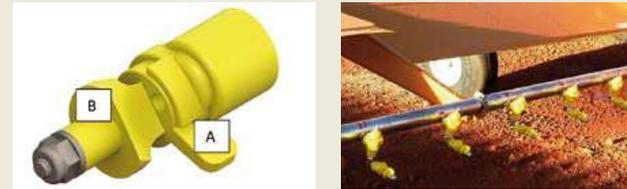


Figura 3. Pontas de jato plano de impacto (CP-03) posicionadas na barra de uma aeronave (à direita) e, em detalhe, o corpo da ponta CP-03 com as aletas de regulagem de vazão (A) e tamanho de gotas (B). **Fonte:** AgroEfetiva e Transland.

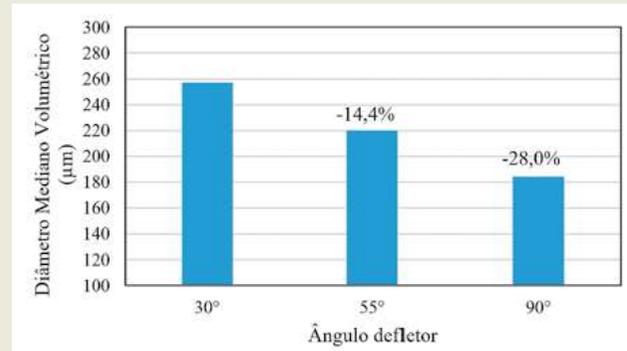


Figura 4. Variação do diâmetro mediano volumétrico (DMV) conforme o aumento do grau do defletor. Pulverização realizada com velocidade de voo de 220 km h⁻¹, com volume de 30 L ha⁻¹. O aumento do ângulo de 30 para 55 graus resultou em um DMV 14,4% menor e de 30 para 90 graus em uma redução de 28% no DMV das gotas pulverizadas somente com água. **Fonte:** Rodolfo Chechetto e Andrew Hewitt, Universidade de Queensland, Austrália.

(Figura 3) permitem um ajuste rápido da vazão devido às opções presentes no corpo do bico. Após passar pelo orifício que determinará a vazão da ponta, o líquido pulverizado choca-se em um anteparo chamado de defletor, fragmentando-se sob a forma de um jato plano. Quanto maior o ângulo utilizado neste defletor (30, 55 ou 90 graus), maior será o impacto do líquido com o ar, e consequentemente menor será o tamanho das gotas geradas (Figura 4).

As pontas da série “D” da Teejet (Figura 5) são as pontas de jato cônico mais populares nas aplicações aéreas. Os corpos dos bicos são compostos por um disco e um difusor, os quais deverão trabalhar associados para gerar o turbilhonamento do líquido visando a formação do jato cônico, o qual pode ser cheio ou vazio. O espectro de gotas e a vazão da ponta são definidos pela interação entre o disco e o difusor, de acordo com as informações contidas no catálogo fornecido pelo fabricante. Existem outros tipos de pontas de pulverização de jato cônico que possuem o seu corpo blindado (em peça única), similares às utilizadas nas aplicações terrestres, as quais também contêm dispositivos internos similares ao conjunto disco/difusor visando a geração do jato no formato cônico.

Independentemente do tipo de ponta hidráulica em questão, o espectro de gotas gerado dependerá de diversos fatores, entre os quais se destacam a pressão do líquido, o tamanho do orifício da ponta, o ângulo de montagem dessas pontas na barra de pulverização, a velocidade



Figura 5. Pontas de jato cônico posicionadas em aeronave agrícola. **Fonte:** Ulisses Antuniassi.

da aeronave e a composição da calda. Como exemplo, a Tabela 1 apresenta duas condições de aplicação nas quais a velocidade de voo (177 km h⁻¹) e pressão de trabalho (30 psi) são mantidas constantes, alterando-se o ângulo do bico em relação ao fluxo de ar. Os resultados do espectro de gotas mostram que, quanto maior for este ângulo, maior será a fragmentação das gotas. É possível observar que com a variação do ângulo da ponta em relação ao fluxo de ar de 0 para 45 graus, o DMV diminui 17% e o percentual de gotas menores do que 100 µm (gotas propensas à deriva) é aumentado em 127%. Neste caso, fica claro que este ajuste de 0 para 45 graus pode tornar a aplicação muito mais propensa à deriva. O mesmo tipo de ajuste do ângulo da ponta com relação ao fluxo de ar também é possível para as pontas de jato plano, oferecendo inúmeras possibilidades de ajustes quanto ao espectro de gotas desejado.

2.2 Atomizadores rotativos

Os atomizadores rotativos utilizam a energia centrífuga proveniente da alta rotação, que por sua vez é gerada pelo fluxo do ar em voo. Existem dois tipos mais utilizados no Brasil: os atomizadores de tela e os de discos (Figura 6). A vazão nos atomizadores é ajustada por um orifício que regula a vazão do líquido e pela pressão da calda no sistema hidráulico de pulverização. Alguns atomizadores mais simples utilizam uma conexão hidráulica com restritores de vazão formados por discos perfurados, enquanto outros utilizam um sistema de ajuste rotativo denominado "Unidade de Restrição Variável - VRU". A intensidade de fragmentação das gotas depende da rotação do atomizador, a qual é definida tanto pelo ângulo de ataque das pás das hélices como pela própria velocidade de voo da aeronave.

Para atomizadores importados, como o Micronair AU-5000, o fabricante disponibiliza um aplicativo

Ponta	Ângulo da ponta	Calsse de gotas	DMV (µm)	V100
D6-46	0°	Média	290	4,05
D6-46	45°	Fina	241 (-17%)	9,23 (+127%)

Tabela 1. Variação do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e do percentual de gotas menores do que 100 µm (V100) frente à mudança de 0 para 45o no ângulo da ponta em relação ao fluxo de ar. **Fonte:** Antunias (2019), adaptado de USDA (2017).

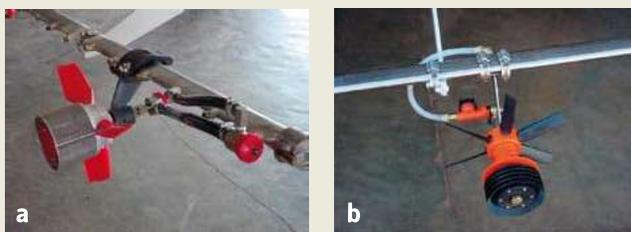


Figura 6. Exemplos de atomizadores: (a) atomizador rotativo de tela, (b) atomizador rotativo de disco. **Fonte:** AgroEfetiva.

online (<http://www.micron.co.uk/droplets>) que permite o cálculo preciso do espectro de gotas baseado em pesquisas realizadas em Universidades de referência, como a Universidade de Queensland (Austrália). A Figura 7 apresenta um resultado de cálculo do espectro de gotas obtido no website da Micronair.

Em busca de informações mais precisas sobre o espectro de gotas real gerado pelos atomizadores nacionais, a AgroEfetiva realizou pesquisa nos laboratórios da Universidade de Nebraska-Lincoln (EUA), em parceria com a UNESP-Botucatu/SP (Brasil), visando coletar dados de espectro de gotas, usando os mesmos métodos de análise das gotas feito para o Micronair.

Com base nesta pesquisa foi possível fazer uma análise comparativa entre os dados de espectro de gotas dos atomizadores nacionais com o importado, modelo que é frequentemente usado como referência no Brasil para a estimativa do espectro de gotas gerado por atomizadores de tela. Um exemplo desta análise pode ser observado na Tabela 2, a qual apresenta os dados do atomizador nacional (Figura 8) em comparação aos dados gerados para o Micronair.

De acordo com os dados gerados

pela AgroEfetiva, o atomizador MS-336 oferece DMV sistematicamente maior do que aquele gerado pelo AU-5000, quando ajustado nos mesmos ângulos de pá da hélice. Como exemplos, no ajuste de 75 graus o DMV do atomizador nacional é 21% maior do que o internacional, enquanto que para os ângulos de 60 e 45 graus os valores são 49 e 51% maiores, respectivamente.

É interessante notar, ainda, que para os mesmos ajustes de ângulo de pá as rotações obtidas nos atomizadores são diferentes, sendo essa diferença variável. Como exemplos, a 45 graus o MS-336 gira a 4509 rpm, enquanto o AU-5000 atinge 6068 rpm. Já para a rotação de 75 graus, os valores são bem mais próximos, com 1780 rpm para o MS-336 e 1784 para o AU-5000. Entretanto, ressalta-se que, independentemente das rotações serem praticamente iguais no ângulo de 75 graus, o DMV gerado pelo nacional é 21% maior do que aquele gerado pelo atomizador internacional.

O fato de o MS-336 gerar gotas maiores do que o AU-5000, quando no mesmo ajuste, não define que um seja melhor que o outro, ou vice-versa. Apenas mostra que eles são diferentes. Por esta razão,

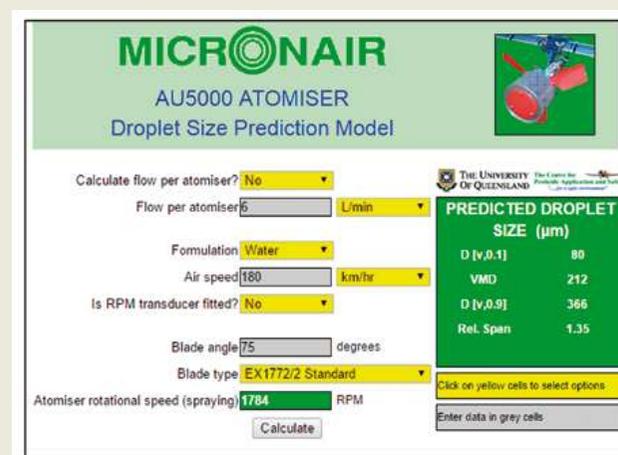


Figura 7. Imagem da tela do aplicativo do Micronair, que fornece dados do espectro de gotas baseado em pesquisa realizada na Universidade de Queensland (Austrália). Os valores de tamanho de gotas (em micrometros) foram obtidos em analisador por difração de laser, Sympatec HELOS.

	Ângulo das pás	DMV (µm)	Amplitude relativa	Rotação (RPM)
MS-336	45°	109	1,95	4509
	60°	198	1,51	2522
	75°	257	1,47	1780
AU-5000	45°	72	1,58	6068
	60°	134	1,40	3290
	75°	212	1,35	1784

Tabela 2. Dados de espectro de gotas dos atomizadores MS-336 e AU-5000.

Fontes: AgroEfetiva e Micronair.

Obs.: Os valores de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) do atomizador nacional foram obtidos em túnel de vento com analisador de gotas Sympatec HELOS considerando fluxo de calda de 6,0 L min⁻¹ e velocidade do vento de 180 km h⁻¹. Os dados do Micronair foram simulados nas mesmas condições através do aplicativo online disponibilizado pelo fabricante.

a prática comum no campo, de se usar os dados da Micronair para referenciar o desempenho esperado de qualquer atomizador de tela nacional deve ser evitada. É necessário que se busque as informações corretas de espectro de gotas de cada atomizador, de forma que seja possível equacionar a tecnologia de aplicação para cada condição de trabalho.

2.3 Interferência de pontas e atomizadores na faixa de deposição

O tipo de ponta ou atomizador e os ajustes aplicados ao sistema de

pulverização interferem diretamente no espectro de gotas da aplicação. Como consequência disso, a faixa útil de deposição também pode sofrer interferência, o que em geral resulta em alterações na capacidade operacional da aeronave. Desta maneira, além de interferir na qualidade e na segurança das aplicações, os elementos geradores de gotas (pontas e atomizadores) são importantes também para o desempenho operacional e a uniformidade de deposição da calda sobre o campo.

Um dos parâmetros mais importantes na qualidade da aplicação aérea é a uniformidade de deposição. A uniformidade pode ser medida pelo Coeficiente de Variação (CV) das doses no campo, que é o parâmetro que se usa para a determinação da faixa útil de trabalho. Quanto maior a faixa útil de uma aplicação, maior a capacidade de trabalho da aeronave e menor o custo da aplicação. Entretanto, a faixa não pode ser aumentada indefinidamente, pois isso aumenta o CV e degrada a qualidade de aplicação. O segredo de uma aplicação mais eficiente é obter a maior faixa útil com o menor CV possível. Assim, depois de escolher o tamanho de gotas e ajustar a técnica de

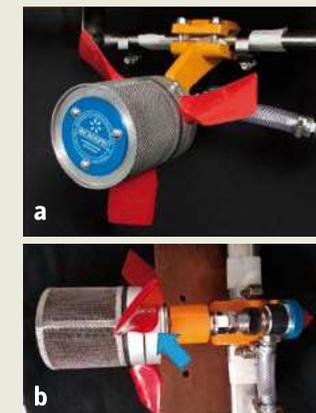


Figura 8. Atomizadores rotativo de tela MS-336 (a) e (b) detalhe do mecanismo de ajuste do ângulo da pá da hélice (seta azul). **Fonte:** AgroEfetiva.

PESQUISA

aplicação, a avaliação da faixa útil de deposição se torna sobremaneira importante.

A uniformidade da faixa de deposição da aeronave pode ser determinada a partir da metodologia do IFD (Inspeção da Faixa de Deposição), implementada no Brasil pela AgroEfetiva (Botucatu/SP), a qual é baseada no método de espectrofotômetro de fio, o mesmo utilizado nas clínicas de aeronaves realizadas pela "Operation S.A.F.E." nos EUA.

Como exemplo dessa influência do espectro de gotas na faixa de deposição (FD), as Figuras 9 e 10 apresentam gráficos da variação do CV da deposição da calda no campo de acordo com a faixa de deposição considerada, obtidos a partir de análises de IFD (Inspeção da Faixa de Deposição) de uma aeronave Ipanema EMB-203 equipada com 30 pontas CP-03, voando a 5 m de altura dos alvos. Na Figura 9 o gráfico de CV representa a situação onde as pontas CP-03 estavam com ângulo do anteparo a 30 graus, e na Figura 10 este ângulo foi ajustado para 90 graus. É possível observar que esta mudança no ângulo do anteparo da ponta (com conseqüente interferência no espectro de gotas) interferiu no CV da deposição, alterando a FD útil.

Na Figura 9, considerando-se um limite de 20% para o CV, as pontas CP-03 com ângulo de anteparo de 30 graus propiciaram uma Faixa de Deposição (FD) máxima de 19 m, enquanto esta mesma aeronave, com as mesmas pontas e na mesma altura de voo, conseguiu uma FD de até 21,5 m quando o anteparo foi ajustado para 90 graus (Figura 10). Neste caso, a mudança no ângulo do anteparo da ponta CP-03 representou, em termos operacionais, a um aumento de 13% na FD útil.

Considerações finais

A seleção e ajustes das pontas ou atomizadores é fundamental para o sucesso da aplicação aérea. Ao selecionar e ajustar pontas e atomizadores, define-se o espectro de gotas, que é um fator com interferência direta

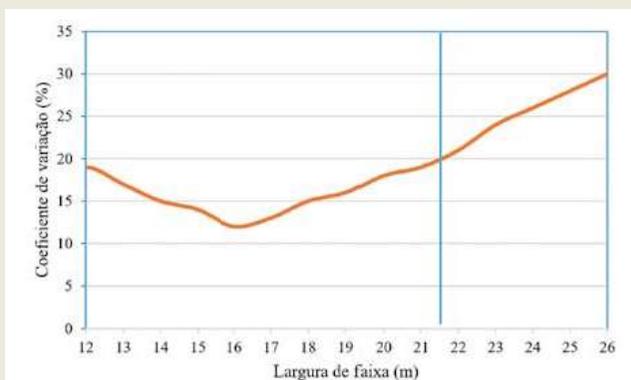


Figura 9. Coeficiente de variação (CV) de deposição em função da largura da faixa para um Ipanema EMB-203 equipado com 30 pontas CP-03, defletor em 30° e altura de voo de 5 m, com dados obtidos pelo sistema IFD/AgroEfetiva. A linha laranja mostra a variação do CV em função da largura da faixa de deposição útil. A linha azul delimita o valor de CV em no máximo 20% e posiciona a FD de no máximo 19 m.

Fonte: AgroEfetiva (2017).

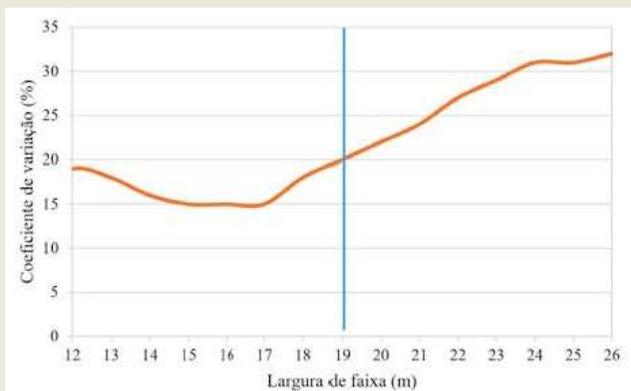


Figura 10. Coeficiente de variação (CV) de deposição em função da largura da faixa para um Ipanema EMB-203 equipado com 30 pontas CP-03, defletor em 90° e altura de voo de 5 m, com dados obtidos pelo sistema IFD/AgroEfetiva. A linha laranja mostra a variação do CV em função da largura da faixa de deposição útil. A linha azul delimita o valor de CV em no máximo 20% e posiciona a FD de no máximo 21,5 m.

Fonte: AgroEfetiva (2017).

em todos os fatores importantes da tecnologia de aplicação: o desempenho fitossanitário da aplicação (na forma da cobertura e penetração das gotas no dossel das culturas), a qualidade da deposição (obtenção de

uniformidade da dose no campo), o desempenho operacional (otimização da faixa útil de deposição) e a segurança da aplicação (redução do potencial de redução do risco de deriva). ■



syngenta

Todos os dias nosso planeta acorda com 200 mil pessoas a mais para alimentar. Por isso, é imprescindível a adoção de boas práticas agrícolas para apoiar a necessidade de se produzir mais alimentos com menos recursos. A aviação agrícola traz contribuições significativas nesse sentido, como a diminuição no número de aplicações de defensivos agrícolas, por conta da sua eficiência. Além da pulverização de produtos químicos, os aviões são usados para adubar, semear, e até mesmo apagar incêndios florestais. Algumas culturas, como cana-de-açúcar, arroz, algodão e soja, dependem da atividade por conta da extensão da lavoura ou da altura das plantas.

Quer saber mais sobre boas práticas agrícolas?

Acesse nossas redes sociais:

f/Syngenta @@syngentabrasil blosyngenta.com.br