

*Eficácia*

# Interação do produto e alvo na pulverização

Hamilton Humberto Ramos \*

Não obstante a importância econômica e social representada pela citricultura para o Brasil, o setor ainda se ressentir de vários problemas de natureza fitossanitária, cuja principal forma de manejo continua sendo o controle químico, por meio de pulverizações. Apesar de a aplicação de produtos fitossanitários ser uma prática comum para a maioria dos citricultores, algumas noções básicas, responsáveis por sua eficiência, permanecem desconhecidas por boa parte dos técnicos, produtores e trabalhado-



AMOURI MACIEL / JACTO

*Pulverização em pomar de citros; Bebedouro, SP, 2003*

res rurais, o que acarreta desperdícios consideráveis de produtos, máquinas e mão-de-obra. Daí a necessidade de que haja o aprimoramento dos conhecimentos na área de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários (TAPF).

A razão pela qual se pulveriza um pomar é protegê-lo contra pragas e doenças que possam reduzir sua produtividade e a qualidade de seus frutos. No entanto, tal meta só é efetivamente alcançada quando o produto fitossanitário, seja agrotóxico ou outro utilizado nos tratamentos orgânicos ou biodinâmicos, for aplicado no tempo certo, na quantidade correta e em área alvo apropriada. Isso só é possível se também estiver sendo utilizado o equipamento de aplicação do tipo e tamanho apropriados, em bom estado de funcionamento, adequadamente calibrado, e operado por trabalhador treinado e qualificado para a operação que está desempenhando. Entender esse contexto é exatamente o que busca a TAPF, daí sua importância para qualquer tipo de agricultura.

Os conhecimentos da TAPF ainda são limitados entre técnicos e trabalhadores envolvidos na aplicação de produtos fitossanitários. Quando se pensa em pulverização, a eficácia do controle é geralmente associada ao volume de calda aplicado, desconsiderando-se todos os demais fatores. A compreensão da TAPF começa pelo entendimento de que o controle de pragas e doenças em citros é um conjunto de ações bem mais complexo do que a simples aplicação de um agrotóxico. Quando se pensa em pulverização, deve-se ter em mente se os diversos fatores envolvidos – como o alvo a ser atingido, as características do produto utilizado, a máquina, o momento da aplicação e as condições ambientais – não estão agindo de forma isolada, pois sua interação é que será responsável pela eficiência do controle. Qualquer fator desconsiderado, ou equacionado de forma errônea, pode resultar no insucesso da aplicação. Não

raro, um pulverizador simples, ajustado e operado adequadamente no momento correto, produz resultados melhores que pulverizadores sofisticados, operados inadequadamente, sob condições climáticas adversas. Assim, o entendimento dos fatores envolvidos na aplicação, bem como de suas interações, é necessário e fundamental para o sucesso do controle fitossanitário.

### IDENTIFICAÇÃO DE ALVOS

Um fator pouco estudado no momento é a interação entre o produto e o alvo. Grande evolução foi observada nos agrotóxicos, cujos princípios ativos tornam-se cada vez mais específicos e eficazes em baixas doses, e em formulações desenvolvidas com alta capacidade de dispersão e suspensibilidade na calda. Também suas embalagens estão mais práticas e seguras para os trabalhadores. Todavia, permanece ainda uma grande dificuldade para se identificar corretamente os alvos químicos e biológicos a serem atingidos por tais produtos – entendendo-se por alvo biológico o organismo que se deseja controlar, seja um inseto, fungo ou planta daninha. Com os atuais conhecimentos e equipamentos disponíveis, não é possível atingir somente o alvo biológico, motivo pelo qual a fixação do alvo deve ser mais abrangente, recaindo sobre outros itens (alvos químicos). Por exemplo, a praga a ser controlada (alvo biológico) é o ácaro-da-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*), mas frutos e folhas também são atingidos durante a pulverização (alvo químico).

Muitas vezes, a determinação do alvo químico pode ser modificada em função da biologia da praga a ser controlada, facilitando ou dificultando a operação de controle. Vejamos o caso do controle de adultos do bicho-furão (*Ecdytolopha aurantiana*), que se escondem, durante o dia, no interior da planta, exigindo, no caso de aplicações nesse período, que a calda de pulverização atravesse toda a camada de folhas, para penetrar na planta e atingi-los. Se, entretanto, a

aplicação ocorre ao anoitecer, quando se inicia seu período de revoada, e se localizam fora ou na superfície da planta, o contato com a calda de pulverização será facilitado. Assim, volumes de calda são consideravelmente menores nesse período, se comparados à aplicação diurna. Nessa operação, especificamente, tem se tornado comum a utilização da termonebulização. Ao se utilizar essa técnica, deve-se considerar ainda que, em função de o tamanho das gotas geradas ser muito pequeno e de elas não se depositarem em alvos planos, o controle só será efetivo para insetos em voo.

Outras vezes, ainda, a determinação do alvo químico pode ser modificada em função da capacidade e forma de redistribuição do produto na planta, que é a capacidade (ou não) de o produto fitossanitário atingir o alvo biológico de forma indireta, por meio de redistribuição, que pode ocorrer por translocação sistêmica, movimentação translaminar ou pelo deslocamento superficial do depósito inicial do produto. Por exemplo: no controle de plantas daninhas em pós-emergência tardia, em um pomar cítrico, realizada com glifosato, que apresenta alta capacidade de movimentação no xilema e no floema, o alvo químico deverá ser o terço superior das plantas daninhas, visto que as demais partes da planta serão atingidas através da redistribuição do produto. Em contrapartida, caso se utilize o paraquat, que possui apenas uma pequena redistribuição lateral, sem ação sistêmica, a aplicação deverá ser realizada de forma a cobrir a maior parte possível da planta daninha, para que o controle seja satisfatório. Cabe ainda lembrar que, na hipótese de o produto ser sistêmico, deve-se identificar se ele tem movimentação apenas no xilema, apenas no floema, ou em ambos, antes de se identificar o alvo químico.

Quando da utilização de produtos com ação preventiva – como na aplicação de fungicidas para controle de doenças na florada e na fase inicial de desenvolvi-

mento dos frutos –, o alvo químico deve ser considerado também com relação à sua modificação após o tratamento. Trabalhos realizados pelo Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Engenharia e Automação (CEA) do Instituto Agrônomo (IAC), em parceria com o Fundo Paulista de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), para o controle da pinta preta dos citros, utilizando oxicloreto de cobre, mostram que, no período normalmente considerado de 28 dias de intervalo entre as aplicações na fase imediatamente após a florada, os chumbinhos triplicam seu tamanho, e a quantidade de cobre sobre eles se reduz a 43% da inicial. Assim, o baixo controle da doença conseguido nessa fase, com a utilização de fungicidas, deve-se muito provavelmente à alteração na cobertura inicial proporcionada pelo crescimento do fruto, aliada à significativa redução do princípio ativo sobre o alvo químico. A redução do intervalo de aplicação ou a utilização de produtos com ação de profundidade (menor lavagem por chuvas), boa redistribuição lateral (redistribuição com o aumento do chumbinho) e não-tóxicos à cultura, nessa fase, podem constituir excelentes opções para a solução do problema.

### REGULAGEM DE PULVERIZADORES

Uma vez definido adequadamente o alvo químico, o pulverizador deve ser regulado para depositar corretamente o produto fitossanitário sobre o mesmo. Os pulverizadores se destinam a gerar gotas e distribuí-las sobre o alvo, com a uniformidade adequada. Podem ser separados em dois grupos: com e sem assistência de ar. Nos pulverizadores com assistência de ar, as gotas são transportadas da máquina até a planta, por meio de um fluxo de ar, o que acarreta maior alcance e melhor distribuição. Na citricultura, esse grupo de pulverizadores é representado basicamente pelos equipamentos do tipo

“cortina de ar” ou turbopulverizadores. Nos pulverizadores sem assistência de ar, as gotas dependem de sua própria energia para se deslocar até a planta ou solo. Na citricultura, pertencem a esse grupo os pulverizadores costais manuais, utilizados em pequenas áreas e plantas novas, os pulverizadores de barras, nas aplicações de herbicidas, e os pulverizadores de pistolas. Os pulverizadores vêm evoluindo bastante no Brasil, principalmente em relação à qualidade dos tanques e componentes, à eficiência dos sistemas de ventilação e ao posicionamento dos sistemas de pulverização, em relação ao alvo.

Vale ressaltar que o tamanho das gotas merece especial atenção. Por ser uma variável pouco entendida por técnicos, produtores e trabalhadores, e de difícil dimensionamento no campo, normalmente são negligenciadas nas pulverizações, acarretando significativos desperdícios de calda ou ineficácia de controles. O dimensionamento do espectro de gotas utilizado na pulverização deve ser estabelecido através da correta seleção do modelo, vazão e pressão de trabalho da ponta de pulverização. As pontas de pulverização hidráulicas, que equipam a maioria dos pulverizadores, não produzem um único tamanho de gota, mas uma faixa de diâmetros denominada “espectro de gotas”. Para classificar a pulverização entre muito fina, fina, média, grossa ou muito grossa, esse espectro se caracteriza de acordo com o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, denominado Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV). Dessa forma, quando se diz que uma pulverização foi realizada com gotas de 200  $\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m} = 1\text{ mm}/1.000$ ), na verdade significa que 50% do volume aplicado foram com gotas maiores que esse diâmetro e 50% com gotas menores.

Para um mesmo modelo de ponta hidráulica, o tamanho das gotas produzido pode variar, através de alterações no diâmetro da ponta ou da pressão de traba-

lho. Quanto maior o diâmetro ou menor a pressão, maior será a gota produzida. Levando-se em consideração que gotas menores são melhor transportadas pela cortina de ar, as pontas de pulverização selecionadas para uso nos turbopulverizadores devem proporcionar um espectro de gotas adequado a essa finalidade. Gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  possuem alta probabilidade de evaporar no trajeto entre a barra de bicos e a planta, elevando as perdas e a contaminação do aplicador e do ambiente. Por outro lado, gotas grandes, além de serem menos eficientemente transportadas pelo ar, possuem menor capacidade de penetração na planta, potencializando o escorrimento na parte externa e prejudicando a deposição na parte interna. Estudos realizados pelo CEA/IAC demonstram que, até o momento, os melhores resultados são obtidos com uma seleção de pontas que proporcionem gotas entre 150 e 250  $\mu\text{m}$ .

Todo fabricante de pontas no Brasil deve fornecer tabelas indicando a variação do tamanho de gotas referentes aos diferentes modelos que produzem, em função da pressão, como forma de auxílio ao produtor. Além disso, encontram-se disponíveis no mercado *softwares* para análises de pulverização que permitem avaliar o tamanho e a concentração de gotas coletadas sobre papel hidrossensível posicionado diretamente sobre o alvo pulverizado. Ainda em turbopulverizadores, alterações na barra de bicos podem ser necessárias, em função da adequação do tamanho de gotas. Para um mesmo volume aplicado por planta, numa mesma pressão, uma barra com pequeno número de bicos apresenta maior volume por ponta e, conseqüentemente, gotas maiores. Dessa forma, ao se utilizar duas pontas jogando 0,5 L/m, por exemplo, pode-se ganhar em eficiência (cobertura, deposição e controle), quando comparado a uma ponta aplicando 1,0 L/m, por se estar adequando a pulverização ao equipamento. O aumento do número de bicos na barra pode ser obtido de duas

formas: através do uso de duplicadores, que permitem, além da duplicação, a angulação das pontas (Figura 1), ou através da troca da barra de bicos por outra, com número maior de posições (Figura 2), reduzindo a resistência do suporte das pontas ao deslocamento do ar. Em ambos os casos, podem-se selecionar a ponta e a pressão de trabalho que proporcione maior porcentagem do espectro de gotas, dentro da faixa de tamanho desejável, adequando-se o volume por planta através do número de pontas na barra.

Nos pulverizadores de pistolas, são utilizadas duas pistolas de pulverização providas de bicos hidráulicos operados a alta pressão, nos quais as gotas são formadas e arremessadas em direção à planta. Os bicos utilizados são especiais, de jato cônico, do tipo denominado “cone variável”, nos quais a distância entre a ponta e uma helicóide (rosca sem fim posicionada no corpo da pistola, com a finalidade de dar rotação à calda e proporcionar a formação do cone) pode ser ajustada através da rotação do cabo. Quanto mais próxima estiver a helicóide da ponta, mais largo será o ângulo de pulverização e menores serão as gotas produzidas. Por outro lado, a distância atingida pela pulverização será menor, e vice-versa. Na aplicação com pistolas, a utilização de gotas finas é praticamente impossível em plantas adultas, visto que elas, por serem muito leves, não têm condições de percorrer grandes distâncias, principalmente em direção aos ponteiros das plantas. Durante a pulverização, o operador deve mover a pistola com uma velocidade constante, para cima e para baixo, com pequena sobreposição, de forma a evitar falhas. Durante esses movimentos, a forma do jato deve ser alterada, para melhorar o umedecimento da planta.

Quando direcionado para a parte mais baixa e mais próxima do operador, o jato deve ser mais aberto, com gotas menores, que proporcionam melhor penetração e menor impacto. À medida que for dirigido

para cima, o jato deve ser, aos poucos fechado, buscando-se atingir os pontos mais altos da copa. Entretanto, essa alteração constante do jato leva ao comprometimento do operador, devido ao cansaço provocado pela frequência dos movimentos, ocasionando excessivas falhas na aplicação. Recomenda-se fixar o jato em uma posição média, mais próxima do jato concentrado, para que sejam atingidas as partes mais altas, pois, mesmo ocasionando excesso de calda nas partes baixas, em geral é possível proporcionar melhor qualidade da aplicação. Normalmente, um leve escorrimento sobre o alvo indica boa cobertura; o não escorrimento poderá significar cobertura insuficiente; o excessivo escorrimento levará a perda demasiada de produto.

No dimensionamento de gotas adequadas às diferentes pulverizações, deve-se buscar também um balanceamento entre evaporação da calda e cobertura do alvo. Nas aplicações em citros, o diluente mais usado é a água. Quando se fragmenta qualquer líquido em gotas, sua superfície fica enormemente aumentada, em relação ao seu volume, facilitando a evaporação. Sendo volátil, a água evapora-se no trajeto entre o pulverizador e a planta, reduzindo constantemente o tamanho das gotas produzidas pelos bicos. Em condições tropicais de alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas é problemático, agravando-se sobremaneira em dias mais secos, quando a umidade relativa do ar é baixa. Nessas condições, uma gota de água se converte em vapor rapidamente, fazendo com que aplicações com gotas muito finas não atinjam com frequência o alvo. Apesar de sério, o fenômeno da evaporação da água parece ser um problema pouco percebido pelos citricultores, pois, na maioria das aplicações tradicionais, empregam-se gotas grandes (como no caso dos pulverizadores de pistolas) ou volumes acima do necessário. Esse fenômeno, ainda que se manifeste, não chega a afetar o desempenho biológico

**FIGURA 1 | RAMAL DE PULVERIZAÇÃO DE UM TURBOPULVERIZADOR, COM O NÚMERO DE BICOS AMPLIADO POR MEIO DO USO DE DUPLICADORES**



**FIGURA 2 | RAMAL ESPECIAL DE PULVERIZAÇÃO DE UM TURBOPULVERIZADOR, COM MAIOR NÚMERO DE BICOS**



do produto fitossanitário. Entretanto, com a tendência atual de redução dos volumes de calda, esse problema tende a se tornar grave.

Para que se tenha idéia dos benefícios proporcionados pela TAPF adequada ao tratamento fitossanitário dos pomares, trabalhos realizados pelo CEA/IAC, em parceria com o Fundecitrus (alguns deles em fase de publicação), utilizando conceitos da TAPF na distribuição do ar, da calda e adequação do tamanho de gotas (diretamente sobre a regulação de turbopulverizadores no campo, em diferentes épocas do ano), mostram que não há uma relação direta entre o volume de calda aplicado e o controle do ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*). O volume de calda por planta foi adequado em função da marca, modelo e regulação do pulverizador utilizado, não podendo ser padronizado. Nas avaliações efetuadas, considerando-se o volume padrão do produtor de 6.000 L/ha de calda (aproximadamente 18 L/planta), em pomares da variedade Valência sobre limão Cravo ou citromelo *Swingle*, bem enfolhados, com aproximadamente 4,5 m de altura e produtividade variando entre 4 e 6 caixas de 40,8 kg/planta, volumes variando entre 50 e 200% do padrão, aplicados com um dos turbopulverizadores testados, não apresentaram diferenças com relação à cobertura, deposição e período de controle do ácaro da leprose, em 2 anos e 3 diferentes áreas experimentais, mesmo quando tais pulverizações foram realizadas em condições extremas, como 15% de umidade relativa e temperatura de 38° C. A utilização de tecnologias prontamente disponíveis pode reduzir em até 50% o volume de calda necessário ao tratamento fitossanitário dos citros, diminuindo proporcionalmente também a necessidade de máquinas e mão-de-obra, até o limite aproximado de 3.000 L/ha de produtos.

Abaixo desse limite teórico, a redução no volume de calda passa a representar reduções proporcionais na quantidade do princípio ativo depositado sobre o

alvo químico, ocasionando inconstâncias no controle, razão pela qual foi utilizado o conceito de baixo volume, em que a quantidade de princípio ativo é fixa por hectare, variando-se apenas a quantidade de água. Trabalhando-se tais conceitos, aliados ao da aplicação de baixos volumes de calda, foram avaliados dois pulverizadores: um equipado com ramal de maior número de bicos (44 posições na barra + 14 na voluta) e outro desenhado para aplicação em baixo volume, em dois campos da variedade Valência sobre Cravo, nas mesmas condições dos anteriores. Os pulverizadores, aplicando 1.200, 1.600 e 2.000 L/ha foram comparados com o tratamento padrão dos produtores aplicando 5.000 e 6.000 L/ha. Também nessas situações, mesmo em condições extremas de temperatura e umidade relativa, nenhum dos volumes utilizados apresentou diferença, com relação ao período de controle do ácaro. Assim, todos os resultados obtidos indicaram que, na utilização de turbopulverizadores, o volume de calda utilizado não tem relação direta com a eficácia do controle e que, utilizando-se os conceitos básicos da TAPF, grandes reduções nos volumes de água hoje utilizados podem ser possíveis, proporcionando sensível redução no custo do tratamento fitossanitário.

### ECONOMIA E SEGURANÇA

Ao considerar o custo econômico e social dos produtos fitossanitários na produção citrícola, verifica-se que melhorias nas técnicas de aplicação, com conseqüentes reduções nos desperdícios de energia e produtos, podem contribuir para a redução substancial dos recursos alocados à produção, além da elevação da segurança ocupacional e do ambiente. Obviamente, o investimento em novas tecnologias, apesar de não necessariamente representar aporte de expressivos valores monetários, deve ser acompanhado por um treinamento adequado de todas as pessoas envolvidas e por uma eficiente assessoria técnica. Por outro

lado, maiores investimentos devem ser direcionados, também, ao treinamento, em todos os níveis, como forma de elevar a capacidade crítica geral e fazer com que tecnologias disponíveis cheguem mais rapidamente e com qualidade ao agricultor.

Padrões de avaliação da pulverização, através da utilização de, por exemplo, papéis hidrossensíveis posicionados em pontos específicos da planta, buscando analisar “o que e como” e não mais “quanto” está sendo aplicado, passam a ser importantes no sistema de produção. Por outro lado, a economia de produto e o menor desgaste da máquina e da mão-de-obra envolvida fazem com que o retorno de qualquer investimento realizado seja geralmente bastante rápido, além de duradouro após sua implantação, muitas vezes ocorrendo dentro do próprio ano agrícola. Cabe, portanto, ao agricultor analisar seu sistema de produção, identificar possíveis problemas, avaliar e implementar novas tecnologias que o ajudem a reduzir seus custos, em um mercado cada vez mais globalizado e competitivo. 

\* **Hamilton Humberto Ramos** é pesquisador do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Engenharia e Automação (CEA) do Instituto Agrônomo (IAC) de Jundiaí-SP (hhramos@iac.sp.gov.br).

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RAMOS, H. H.; GARCIA, E. G.; ALVES FILHO, J. P.; YAMASHITA, R. Y.; VICENTE, M. C. M.; COELHO, P. J.; LOPES JÚNIOR, A.; SEVERINO, F. J.; RAMOS, R. C. Condições de trabalho com agrotóxicos no Estado de São Paulo. *Revista CIPA*, São Paulo, v. 238, p. 36-48, 1999.