

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Reginaldo Teodoro de Souza
Luiz Antonio Palladini
Marcelo da Costa Ferreira

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

4.1 Introdução

O sistema de produção de uvas praticado atualmente é altamente dependente da aplicação de agrotóxicos. Em regiões como o Norte e o Noroeste do Paraná, onde não existe um período de chuvas bem definido e o inverno apresenta temperaturas altas, com dois ciclos de produção no ano (safra e safrinha), há um clima ideal para o desenvolvimento de doenças, exigindo dos produtores muitas aplicações de fungicidas durante o ano. Em regiões caracterizadas por clima temperado, onde ocorre a dormência das plantas durante o inverno, inicia o desenvolvimento vegetativo inicia nos meses de agosto e setembro, portanto, as cultivares ficam sujeitas a temperaturas noturnas baixas, condição desfavorável ao desenvolvimento de fungos. Assim, ocorre menor necessidade de aplicações em função da menor pressão de inóculo de doenças.

Em regiões tropicais com clima definido de período chuvoso durante o verão e inverno seco, com necessidade de água suplementada por irrigação, as cultivares vegetam durante todo ano com sistema de produção dividido em podas de formação de ramos ou em poda curta e poda de produção ou longa, todas realizadas de forma escalonada, o que permite a colheita de uvas durante os meses de julho a novembro. Essa prática, que viabiliza a vitivinicultura em regiões de cerrado, mantém a pressão de inóculo em níveis elevados, havendo a necessidade de tratamento fitossanitário durante todo o ano.

Além do elevado uso de agrotóxicos, muitas vezes os produtores não se preocupam em conhecer os aspectos tecnológicos relacionados à aplicação de produtos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. A qualidade da tecnologia de aplicação de agrotóxicos é de extrema importância, por envolver o uso de substâncias tóxicas, normalmente perigosas a saúde humana e ao ambiente.

Foto: Reginaldo Teodoro de Souza.



Figura 1. Pulverização realizada de forma inadequada em parreiras de uva

De certa forma, há dificuldades intrínsecas da condução da cultura para o tratamento fitossanitário. A condução comercial da cultura a campo considera a prática da poda drástica uma vez por ano, o que implica numa abrupta redução da massa foliar a praticamente zero, com conseqüente redução da superfície a cobrir. Entretanto, nas diversas regiões de cultivo, poderá haver necessidade de pulverizações nessa condição.

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Por definição a tecnologia de aplicação não se resume ao ato de aplicar o produto, mas na interação de fatores, buscando a máxima eficiência dos tratamentos, economia, eficiência operacional, adequação de máquinas, menor contaminação ambiental e segurança do operador (MATTHEWS, 1992).

Neste contexto, o manejo integrado de pragas e doenças é um dos processos mais importantes que o agricultor dispõe para reduzir a quantidade de agrotóxico que é utilizado durante o ciclo da cultura. Portanto, a adoção de práticas como escolha criteriosa do local da implantação do pomar é de grande importância, considerando a topografia e presença de ventos dominantes e regiões com depressões caracterizadas por umidade relativa alta, que propiciam a propagação de doenças. O manejo adequado da irrigação interfere no microclima no vinhedo, a adubação balanceada para suprir as necessidades da planta proporcionando maior resistência ao ataque de pragas e doenças, as épocas de podas ou podas verdes mantendo quantidade de folhas adequadas a manutenção da produtividade em padrões ideais para cada cultivar evitando a sobreposição dos ramos permitem maior uniformidade na deposição dos produtos aplicados.

O uso de agrotóxicos em nível global, particularmente em regiões tropicais, subtropicais ou condições ambientais similares tem verificado expressivo aumento. Nessas regiões o manejo integrado de pragas tem provocado pouco impacto sobre total de aplicações, diferentemente do que ocorre na Europa com redução significativa no número de aplicações durante o ciclo da cultura (FRIEDRICH, 2004). Entretanto, no Brasil existem exemplos de programas em andamento onde o Sistema de Produção integrada da maçã tem apresentado sucesso e alternativa viável, produzindo de maneira sustentável e segura atendendo as exigências para exportação de acordo com normas internacionais estabelecidas pela *Codex Alimentarius Commission* uma subsidiária da FAO (*Food and Agriculture Organization*) e WHO (*World Health Organization*) que estabelecem os limites máximos de resíduos recomendados.

Mais especificamente para o cultivo da uva (SANTOS, 2005), incorporando ao sistema o cultivo protegido, destacou que as exigências nos tratamentos fitossanitários, foram reduzidas, atingindo em média 89% de redução nas pulverizações com fungicidas nas áreas cobertas com plástico em relação a não coberta.

A Embrapa vem desempenhando esforços no desenvolvimento e na implementação da produção integrada de frutos para uva no Brasil, visando atender às necessidades de produtores que pretendem atingir um padrão internacional do cultivo à pós-colheita da fruta.

Apesar dos esforços da pesquisa em estabelecer e divulgar boas práticas de condução das culturas de forma sustentável visando produtividade, segurança ambiental e humana é comum observar aplicações de agrotóxicos como a apresentada na Figura 1, onde se verifica uma parreira mal projetada dificultando a pulverização com uso de equipamentos tratorizados, caracterizado pelo desconforto ao operador durante a execução do trabalho e também pelo não uso de equipamentos de proteção individual, o que coloca em risco a sua saúde pela exposição direta e a de comunidades vizinhas devido às perdas por deriva. Grande parte das gotas formadas tem como destino o solo. Alguns produtos, devido à lixiviação e ao uso constante podem contaminar o lençol freático apresentando-se como mais uma forma de dano ambiental.

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Uma das necessidades verificadas consiste na proteção da cultura contra a infecção de fungos, que poderão encontrar condições propícias devido à alta quantidade de ferimentos nas plantas, decorrentes das podas. Com isso, a aplicação de fungicidas será eminente.

Outra necessidade é a aplicação de hormônios vegetais para promover a quebra de dormência e para acelerar o desenvolvimento de brotos, que resultarão na safra seguinte. Essas aplicações se iniciam com a planta praticamente sem folhas e se estendem até o enchimento dos cachos das uvas. A técnica utilizada para aplicar varia desde rolinhos de espuma, como os utilizados para pintura, até a pulverização. Nesse último caso, como há pouca superfície capaz de reter as gotas, há elevada suscetibilidade à deriva. O mesmo acontece com as aplicações de produtos fitossanitários.

Com os promotores de brotação e de desenvolvimento e com as condições ambientais favoráveis, o crescimento das plantas é extremamente rápido, o que torna as plantas tenras e atrativas para pragas e suscetíveis à doenças. Para evitar, portanto, os prejuízos, os produtores realizam os tratamentos fitossanitários desde a fase de pouco enfolhamento (Figura 2).



Foto: Marcelo da Costa Ferreira.

Figura 2. Aplicação de produtos fitossanitários em fase inicial da cultura da uva, ainda com pequena quantidade de folhas.

Para tanto, lançam mão de diversos equipamentos, que serão descritos a seguir.

4.2 Equipamentos de pulverização

4.2.1 Pulverizador costal manual

Esse equipamento é formado por um tanque com a capacidade de até 20 litros, normalmente em polietileno de alta densidade, e com uma bomba de pistão ou de diafragma com acionamento manual, através de uma alavanca, para produzir a pressão diretamente no tanque hermeticamente vedado. Pode-se utilizar com um ou mais bicos, com pontas de jato cônico ou plano, dependendo do tipo de produto e do controle que se deseja realizar. Pela reduzida capacidade de seu tanque, é recomendado para áreas pequenas ou intransitáveis às máquinas grandes. Normalmente, trabalha com baixa pressão.

Pode ser utilizado em momentos de pouco enfolhamento das videiras, por permitir maior proximidade e direcionamento do jato de calda ao alvo.

4.2.2 Pulverizador costal motorizado, de jato transportado

Conhecido popularmente como atomizador rotativo ou turbina, é constituído por um ventilador para o escoamento de ar a alta velocidade. As gotas são formadas por força centrífuga em um disco rotativo movimentado pelo ar do ventilador, que também atua no bordo do disco, cisalhando o líquido com energia gasosa. Portanto, há dupla energia para a formação de gotas, o que, em geral resulta em gotas finas a muito finas, com um padrão de uniformidade maior do que o verificado nas gotas formadas em pontas de energia hidráulica. O equipamento é dotado de um motor a combustão de dois tempos, à gasolina. A velocidade de rotação do ventilador é dada pelo ângulo, número e geometria das pás, e esse atua pela velocidade do fluxo de ar emitido pelo equipamento, que influencia no diâmetro das gotas e na faixa de deposição. Como a pressão do líquido não influi na formação das gotas, há formação de gotas finas, mesmo em baixas pressões, o que não ocorre com as pontas de energia hidráulica. A vazão é alterada pela substituição de uma célula dosadora, normalmente identificada por sua coloração. Em termos práticos, opera entre 5 e 15 lbf/pol². É indicado tanto para culturas anuais como para perenes, apresenta boa cobertura da área foliar e penetração na copa das plantas.

Esses pulverizadores normalmente são utilizados nos estádios iniciais da cultura, principalmente por pequenos produtores ou para tarefas específicas nas maiores áreas de cultivo.



Foto: Marcelo da Costa Ferreira.

Figura 3. Aspecto da utilização de um pulverizador costal motorizado.

4.2.3 Pulverizadores com Mangueiras

Esses equipamentos são constituídos por tanque, bomba, mangueiras e lanças ou pistola de pulverização. Normalmente, operam com uma ou duas saídas por equipamento. Quando se utilizam duas saídas, aumenta-se a capacidade de trabalho. São utilizados para tratamentos a volume alto, ou seja, até o ponto de escorrimento. A lança é formada por um bico, um tubo e um sistema de registro e/ou regulador de jato a ser emitido. A vazão varia conforme a pressão, o tipo do jato (estrito ou aberto) e o diâmetro do bico utilizado. Pode ser constituída por um ou mais bicos, um tubo normalmente de alumínio, um filtro e um registro. O volume é alterado pela troca de bicos, pela velocidade de caminhar e pela alteração na posição do registro.

Sistemas estacionários desenvolvidos pelos próprios viticultores ou por empresas especializadas em equipamentos de pulverização são utilizados normalmente em áreas de pequeno porte, característico de agricultura familiar. Entretanto, esse sistema não proporciona segurança ao aplicador. Segundo Ramos et al., (2002), a exposição dérmica do aplicador chega a ser 90 vezes maior comparando-se a aplicação com sistema estacionário e turboatomizadores.

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Do ponto de vista da tecnologia de aplicação, esse também é um equipamento que não proporciona um bom padrão de qualidade, por dificultar a obtenção de uma deposição uniforme com um baixo consumo de calda.

4.2.4 Pulverizadores de arrasto tratorizados, de jato transportado

Conhecidos como turboatomizadores ou turbopulverizadores, os pulverizadores de jato transportado são equipamentos que projetam as gotas em direção ao alvo, por meio de uma corrente de ar gerada por um ventilador semelhante ao utilizado no costal motor, acionado pela tomada de força do trator. Esse equipamento substitui os pulverizadores com lança, com maior rapidez e uniformidade. No mercado, também existem equipamentos com sistema para acoplamento no terceiro ponto do trator, com tanques de 200 a 800 litros, sendo chamados de pulverizadores montados tratorizados, de jato transportado. Para os de tanques maiores, o termo “montado” é substituído por “de arrasto”.

Esse equipamento pode ser utilizado em qualquer etapa do ciclo da cultura; entretanto, nos estádios iniciais, devem-se orientar adequadamente os bicos para o alvo e utilizar somente a quantidade necessária de volume de aplicação.

4.2.5 Pulverizadores eletrostáticos

A técnica de pulverização com gotas carregadas eletricamente já é conhecida de longa data. Em termos gerais, consiste em transferir uma carga elétrica para a calda a ser aplicada ou diretamente para as gotas aspergidas na pulverização. As gotas carregadas, ao se aproximarem das plantas, que são alvos em equilíbrio por estarem ligadas à terra, induzirão um campo elétrico que, por sua vez, gerará uma força de atração entre gotas e planta e vice-versa. Essa atração aumentará a capacidade de deposição das gotas e a sua velocidade, melhorando a deposição destas gotas.

Entretanto, o método pode ser indicado para situações de baixo enfolhamento. Quando a cultura está em pleno enfolhamento e com as bagas bem desenvolvidas nos cachos, a cobertura das gotas aplicadas pela pulverização eletrostática tenderá a abranger somente as estruturas mais expostas. Isso porque a atração entre as cargas das gotas e das plantas se manterá para as estruturas mais expostas das plantas, depositando-se mais externamente.

Embora já existam, no Brasil, alguns equipamentos eletrostáticos em utilização, o seu efeito e eficiência ainda não foram estudados por aqui, carecendo de pesquisa sistemática.

Foto: Eletrostatic Spraying Systems, Inc., no endereço: <http://www.maxcharge.com>.



Figura 4. Aspecto de pulverizador eletrostático para a cultura da uva.

4.3 Componentes básicos do conjunto trator-pulverizador

As condições indispensáveis dos tratores e pulverizadores para a aplicação de produtos fitossanitários com procedimentos corretos segundo Palladini e Krueger (2004), são:

- a) Cardan – esse componente que une o trator à bomba de pulverização, deve ter um dispositivo de proteção, denominado proteção de cardan, que evita acidentes com os operadores;
- b) Bomba – deve emitir um volume de calda suficiente para suprir a demanda de vazão dos bicos, além de proporcionar um volume mínimo para realizar a agitação da calda no tanque;
- c) Agitador – há modelos mecânicos e hidráulicos. Em ambos os casos, ele deve garantir, sob qualquer hipótese, uma adequada homogeneização da calda no interior do tanque. Inadequações do agitador podem significar intoxicação de plantas e insucesso no controle do alvo preconizado;
- d) Indicador de nível de calda – deve estar bem visível, para orientar o operador sobre o momento adequado para realização do reabastecimento;
- e) Manômetro – deve-se verificar se está calibrado e funcionando corretamente. É item obrigatório no momento da calibração dos pulverizadores;
- f) Filtros – devem ter a malha adequada à calda e à ponta de pulverização utilizada; deve-se fazer a limpeza pelo menos duas vezes ao dia;
- g) Bicos – constituídos por corpo, capa, filtro e ponta de pulverização, não podem ter vazamentos. Deve-se verificar o seu funcionamento periodicamente, para evitar que as aplicações sejam realizadas com pontas entupidas. As pontas possuem características importantes, que serão detalhadas em seguida.

Todos os pulverizadores possuem três fatores comuns: o líquido a ser pulverizado (calda) é contido em um tanque, do qual é movido por uma bomba até uma ou mais saídas chamadas bicos. O termo “bico” é usado num sentido amplo para qualquer dispositivo através do qual o líquido é emitido em uma quantidade determinada, fragmentado em gotas e disperso a certa distância. Nos pulverizadores hidráulicos, a bomba desloca o líquido sob pressão, forçando-o a passar por uma pequena abertura, de maneira que haja energia suficiente para formar uma lâmina fina, que se fragmenta em gotas (CRISTOFOLETTI, 1999).

4.3.1 Pontas (“bicos”) de pulverização

Nas aplicações de produtos fitossanitários nos vinhedos, não se deve utilizar um mesmo tipo de ponta de pulverização para todas as aplicações necessárias durante o ciclo da cultura, pois o alvo é dinâmico o que exige, também, dispositivos distintos para fazer com que as gotas atinjam o seu destino.

Em fruticultura, as pontas de pulverizações mais utilizadas, ainda, são as de jato cônico vazio e cheio, para o tratamento de fungicidas e inseticidas, e plano (leque ou de impacto), para os herbicidas. No início dos anos 90, surgiram as pontas com indução de ar (AI - *Air Injektor* ou Indutores de Ar), que formam gotas com bolhas de ar no seu interior e têm diâmetro muito maior que as pontas convencionais com jato em cone. Das vantagens

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

desse tipo de ponta, cabe citar a diminuição da deriva (gotas que não atingem o alvo) e a menor influência do vento e do calor, alcançando melhor a parte alta da planta. A gota, por ser maior, contém, conseqüentemente, maior quantidade de produto. Os bicos AI, de jato em cone ou plano, podem ser utilizados em turbopulverizadores com o mesmo sucesso. Alguns bicos AI no mercado nacional: AVI (Jacto) e ADIA (Magno).

4.3.1.1 Durabilidade das pontas de pulverização

A durabilidade da ponta de pulverização depende de vários fatores tais como:

- Tipo de produto: quanto mais abrasivo, mais rápido será o desgaste do material. A maior abrasividade está nas formulações com pó molhável e suspensão concentrada;
- Pressão de trabalho: quanto maior ela for, maior será o desgaste do material;
- Qualidade da água: deve ser limpa, isenta de partículas em suspensão;
- Dos cuidados no momento da limpeza: nunca utilizar objetos metálicos e pontiagudos para essa atividade; para a limpeza, utilizar sempre escova com cerdas de nylon, como escovas dentais, destinadas exclusivamente para o trabalho com as pontas, para evitar riscos de intoxicação.

4.3.1.2 Resistência à abrasividade das pontas de pulverização

A maioria dos produtos utilizados nos tratamentos da videira é composta por formulações abrasivas, que causam desgaste acentuado das pontas de pulverização. Na fabricação dessas pontas a indústria utiliza diferentes materiais e, conseqüentemente, a resistência também é diferente. Recomenda-se que o produtor utilize pontas fabricadas com material de alta resistência:

- cerâmica: material de alta resistência ao desgaste com o uso de produtos abrasivos e corrosivos. A sua vida útil com tratamentos normais está entre 400 e 600 horas de uso;
- aço inoxidável endurecido: também possui alta resistência ao desgaste, boa durabilidade e resistência aos produtos abrasivos e corrosivos. Porém, a sua vida útil é menor que a das pontas de cerâmica;
- aço inoxidável: apresenta boa resistência ao desgaste;
- polímero: sua resistência ao desgaste é de média a boa, porém o orifício é facilmente danificado ao limpá-lo;
- latão: tem baixa resistência ao desgaste, sendo suscetível a corrosão.

4.3.1.3 Vazão de pontas de pulverização

No mercado nacional, estão disponíveis várias marcas de pontas de pulverização. Os fabricantes fornecem tabelas com diferentes vazões em diferentes pressões para pontas disponíveis ao produtor. A pressão de trabalho mais utilizada para as pontas nos tratamentos fitossanitários dos pomares varia entre 150 e 200 lbf/pol².

As tabelas de vazão dos diferentes tipos de pontas (bicos) podem ser obtidas nas revendas de material para pulverização.

4.3.1.4 Desgaste das pontas de pulverização

Periodicamente, deve-se verificar a vazão das pontas que estão sendo utilizadas nos tratamentos. Quando estiver maior que 10% da vazão nominal da tabela do fabricante, deve-se proceder a troca. Os fabricantes, de maneira geral, disponibilizam catálogos com as vazões de seus modelos de pontas de pulverização, em função da pressão de trabalho. Lembramos que o custo das pontas é baixo quando comparado ao dos agrotóxicos ou com os prejuízos que as pragas, doenças ou plantas daninhas causam na produção, devido à ineficiência de uma pulverização.

4.4 Fatores que interferem na cobertura do alvo

A eficiência da aplicação de produtos fitossanitários está em colocar a quantidade de ingrediente ativo necessário no alvo para que este exerça sua ação sobre as pragas de forma segura, sem riscos ao ambiente e à saúde humana. Sendo assim, equipamentos adequados e calibrados, manuseados por aplicadores treinados, são condições essenciais para a manutenção da eficiência na cobertura do alvo.

A cobertura do alvo está relacionada ao volume de aplicação ou litros de calda aplicados em um hectare; ao uso de agentes tensoativos ou surfatantes que quebram a tensão superficial da água e aumentam a superfície de contato da gota gerada no processo de pulverização; aos acessórios incorporados aos pulverizadores que aumentam as chances de recuperação das gotas, como, por exemplo, o uso de assistência de ar que direciona as gotas e provoca agitação das folhas, permitindo maior penetração no dossel da planta ou, ainda, esse sistema somado ao uso de energia eletrostática que carrega a gota com cargas negativas ou positivas e, dessa forma, ao atingir a proximidade da folha são atraídas pelas mesmas nos pontos que apresentam cargas opostas.

Por outro lado, a cobertura também é influenciada pela área foliar da planta e o diâmetro das gotas gerado no processo de pulverização. Corshee (1967) demonstrou a interdependência entre esses fatores pela equação

$$C = 15 \frac{VK^2 R}{DA} \quad \text{onde: } C = \text{Cobertura do alvo (\%)} \\ V = \text{volume de calda (L ha}^{-1}\text{)} \\ K = \text{constante de espalhamento} \\ R = \text{fator de recuperação} \\ D = \text{diâmetro das gotas} \\ A = \text{área foliar}$$

Verifica-se, pela equação, que aumentando os fatores do denominador ou diminuindo o numerador, ocorre aumento na porcentagem de cobertura (MATUO, 1998). Em função do aumento da área foliar com o avanço nos estádios de desenvolvimento da cultura, os fatores têm que ser ajustados, lembrando, ainda que, a interferência do ambiente no momento da aplicação é de extrema importância.

4.4.1 Volume de aplicação

Existem propostas de vários autores com diferentes escalas para expressar as variações de volumes aplicados (MATTHEWS, 1979). Entretanto, esse fator será abordado de modo prático

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

como a quantidade de calda necessária para proporcionar a máxima cobertura em função do equipamento ou técnica de pulverização utilizados até o limite em que se inicia o escorrimento como alto volume, sendo esse elemento perceptível ao olhos do responsável pelo trabalho de pulverização, e o mínimo de volume utilizado que proporcione o efeito biológico desejado, ou seja, eficiência de controle, como baixo volume.

Abi Saab e Antuniassi (1997), ao avaliarem depósitos de pulverização utilizando um pulverizador estacionário equipado com diferentes pontas e condições de trabalho (Tabela 1), verificaram que em todas as condições avaliadas houve perdas elevadas. Quando se utilizaram os bicos D5 (1 e 2), houve perdas menores do que aquelas com bicos TXVK4 e não houve diferença de depósito de calda sobre as folhas entre as condições de pulverização avaliadas. Variações no volume de calda não resultaram em modificações significativas no depósito de calda nas folhas, indicando que, no menor volume utilizado (703 L ha^{-1}), o limite de retenção de calda nas folhas foi atingido ou ultrapassado para a superfície foliar da área tratada, concluindo que, independentemente do volume aplicado, o equipamento com esse sistema de aplicação é inadequado para uso no sistema de produção da videira.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e condições das aplicações.

Condição	Tipo de ponta	Pressão (lb/pol ²)	DMV (μm)	Vazão* (Lmin ⁻¹)	Tempo médio (segundos/10m ²)	Volume de calda médio
1	D5	58	159	1,055	40	703
2	D5	89	120	1,505	41	1035
3	TXVK4	88	138	1,05	59	1033
4	TXVK4	195	100	1,59	46	1219

* Vazão total da lança com 3 bicos.

Fonte: Abi Saab e Antuniassi (1997).

Chaim et al. (2004) demonstraram que a eficiência da aplicação de agrotóxicos em videira é relativamente baixa, considerando as porcentagens das dosagens reais que atingem as folhas da parreira (Tabela 2), ao avaliarem diferentes pontas e volumes de aplicação com pulverizadores com cortina de ar em experimento realizado em uva 'Itália', 70 dias após a brotação, desbaste de ramos improdutivos e com aproximadamente 46 folhas por metro quadrado. Observou-se que a ponta com jato cone vazio JA-1, que produz gotas pequenas, apresentou melhores deposições que as demais. Entretanto, o pulverizador Arbus 200, com dois bicos muito inclinados para as laterais, resultou numa elevada contaminação do solo.

Verifica-se, ainda, que a eficiência da deposição não depende do volume aplicado e a escolha da ponta e o padrão de gotas produzido é fundamental para o sucesso da aplicação (Tabela 2). A calibração dos pulverizadores, associada a um manejo adequado de poda da videira, para permitir uma maior penetração das gotas ou um melhor arejamento da cultura, pode proporcionar uma sensível redução do número de pulverizações.

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Tabela 2. Distribuição percentual de traçador em videiras, comparando diferentes bicos e pulverizadores.

Região de amostragem	Pulverizadores				
	FMC-Uva	Airbus 200	Airbus 500	Airbus 200	Airbus 500
Pontas	Yamaha D3	JA-1		API 110-015	
Volume de calda L ha ⁻¹	600	372	246	501	503
Planta	61	67	82	46	47
Solo	5	23	8	20	19
Evaporação/deriva	34	10	10	34	34

O aumento da cobertura com o aumento no volume de aplicação ocorre até certo limite. Palladini e Souza (2004), ao avaliarem os depósitos de pulverização com turboatomizadores nos volumes de 280, 380, 560 e 780 L ha⁻¹, verificaram que a maior eficiência na deposição sobre as folhas ocorreu a 560 L ha⁻¹.

Não há um volume fixo de calda a ser utilizado por hectare, podendo variar, por exemplo, entre 150 a 700 L/ha, de acordo com vários fatores, dos quais se destacam o tipo de pulverizador, o porte das plantas, a distância entre filas de plantas, as condições climáticas, a praga a ser controlada e o estágio vegetativo da planta. Para aumentar ou diminuir o volume de calda a ser aplicado por hectare pode-se, diminuir ou aumentar a velocidade de deslocamento, aumentar ou diminuir a pressão, aumentar ou diminuir o número de bicos ou usar pontas de maior ou menor vazão, respectivamente. Essas alterações são possíveis de se realizar desde que dentro de limites, sem exagerar na velocidade e seguindo-se a faixa de pressão recomendada pelo fabricante das pontas.

A tendência atual, devido às perdas de tempo para reabastecimento do pulverizador, é a prática de modalidades que requerem menor volume de aplicação, visando, com isso, diminuir o custo e aumentar a rapidez do tratamento. A diminuição do volume de aplicação, por sua vez, implica no emprego de gotas menores, para manter uma adequada cobertura do alvo (MATUO, 1998).

4.4.2 Gotas de pulverização

A nuvem de partículas de pulverização é constituída por gotas de diferentes diâmetros, o que forma o espectro de gotas. O tamanho de gota (no espectro) que divide o volume em duas partes iguais (metade do volume é formado por gotas de tamanho inferior e a outra metade por gotas de tamanho superior) é definido por diâmetro mediano volumétrico (DMV) e sua classificação é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação das gotas de acordo com o diâmetro mediano volumétrico.

Classe de pulverização	Diâmetro Médio Volumétrico (DMV) em µm
Aerosol	< 50
Muito Fina	51 – 100
Fina	101 – 200
Média	201 – 400
Grossa	401 – 600
Muito Grossa	> 600

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

No entanto, com o surgimento das pontas com indução de ar, estão disponíveis para o produtor tamanhos de gotas muito superiores a 600 μ m. Por conta disso, há uma comissão europeia trabalhando na reclassificação do tamanho das gotas, sendo esperada uma tabela.

4.4.2.1 Fatores que afetam o tamanho de gotas

Tipo da ponta: pontas de jato plano, jato cone cheio e cone vazio, respectivamente, apresentam tamanho de gotas decrescentes quando trabalhadas na mesma pressão e com a mesma vazão.

Pontas com o mesmo tipo de jato podem apresentar diferentes padrões de gotas, de acordo com diferentes modelos projetados pelas empresas fabricantes, citando-se como exemplo os modelos XR, DG e TT fabricados pela TEEJET, que, na mesma pressão, produzem gotas finas, médias e grossas, respectivamente, dependendo da vazão. Dentro do mesmo tipo de jato, entretanto, com ângulos diferentes, como por exemplo XR 11002 e XR 8002, também apresentam-se diferentes padrões de gotas. Quanto maior for o ângulo, menor será o tamanho de gota.

Quanto maior for a vazão, maior será o tamanho da gota, quando trabalhadas na mesma pressão. Por exemplo, pontas JA 1 produzem gotas menores do que JA 2.

Um mesmo tipo de ponta tem diferentes padrões de gotas quando submetida a diferentes pressões. O tamanho da gota é inversamente proporcional ao aumento da pressão, ou seja, quanto maior for a pressão, menor será o tamanho da gota.

Propriedades do líquido: quanto maior forem a viscosidade e a tensão superficial, maiores serão as gotas e maior a quantidade de energia necessária para pulverização, para pontas de energia hidráulica.

4.3.3 Fator de espalhamento

A água é o principal veículo utilizado nas pulverizações, sendo compatível com a maioria das formulações de agrotóxicos. Apresenta alta tensão superficial e, ao ser pulverizada, forma gotas esféricas e com menor superfície de contato. Para alterar essa característica, faz-se uso de surfactantes, que, adicionados à calda de pulverização, diminuem a tensão superficial, aumentando a superfície de contato.

Existem vários tipos de surfactantes no mercado e, entre eles, os que apresentam a maior capacidade de reduzir a tensão superficial são os organo-siliconados. Segundo Kogan e Pérez (2003), a grande diminuição da tensão superficial permite maior aderência das gotas de pulverização em superfícies foliares altamente repelentes a água. Entretanto, esse surfactante pode causar uma menor retenção e escorrimento superficial em superfícies lisas, quando se utilizam volumes altos de calda. Na viticultura, é comum o uso de volumes altos de aplicação, e a utilização de surfactantes com essas características pode aumentar os riscos de perdas por escorrimento.

4.4 Efeito do ambiente na pulverização

O vento, a temperatura e a umidade relativa do ar são fatores meteorológicos que atuam diretamente na pulverização, agindo mais intensamente nas gotas de tamanho menores. A evaporação é um fenômeno ligado à relação da superfície com o volume da gota, que será

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

tanto maior quanto menor for o seu diâmetro. À medida que a umidade do ar é mais baixa, mais rapidamente a água evapora, sendo que o chamado “tempo de vida” é determinado pelo tempo para a evaporação total do líquido contido na gota (CHRISTOFOLETTI,1999). Portanto, quanto maior for a evaporação, menor será o tempo de vida da gota.

À medida que a gota perde volume por evaporação, o peso (massa) também diminui, ficando mais lenta a sua queda, em função da força de gravidade. O tempo de vida e a distância de queda de gotas de três diâmetros distintos podem ser vistos na Tabela 4, em duas condições climáticas diferentes, dando a ideia do comportamento das mesmas.

Tabela 4. Tempo de vida e distância de queda de gotas de diferentes tamanhos em duas distintas condições ambientais.

Condições Ambientais	Temperatura = 20 °C (T seco – T úmido) = 2,2 °C Umidade relativa = 80 %		Temperatura = 30,0 °C (T seco – T úmido) = 7,7 °C Umidade relativa = 50 %	
	Diâmetro inicial (m)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)	Tempo até extinção (s)
50	14	0,5	4	0,15
100	57	8,5	16	2,4
200	227	136,4	65	39

Fonte: Matthews (1992).

Palladini e Souza (2004) quantificaram porcentualmente as diferenças negativas nos depósitos de pulverização em diferentes horários de aplicação, com turboatomizadores e, para melhor visualização, das perdas, consideraram o tratamento com melhor média de depósitos nas folhas proporcional a 100% (Figura 5), verificando menores porcentagens de depósitos sobre as folhas com o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar. Mesmo sob condições ambientais consideradas adequadas, as diferenças entre a primeira e a última condição de aplicação chegaram a 17%.

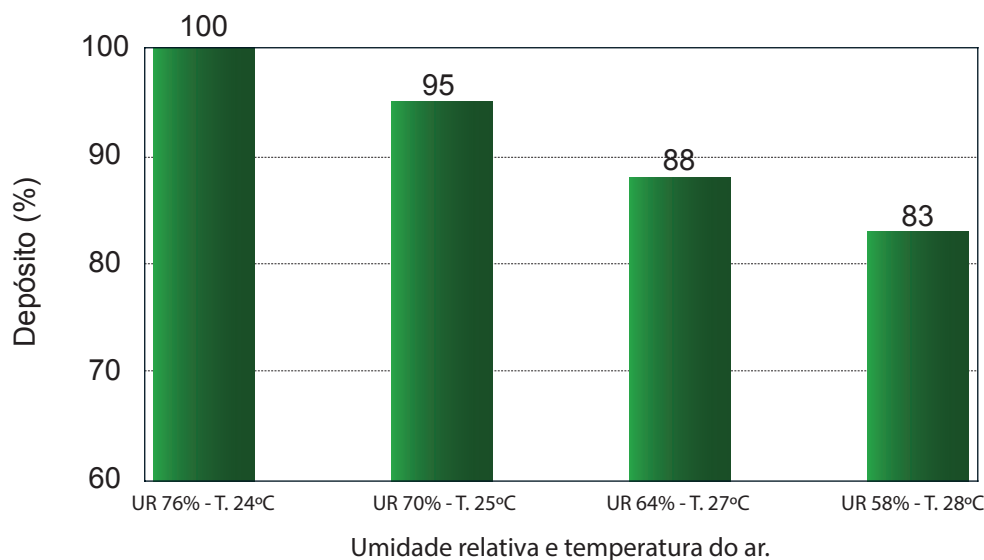


Figura 5. Depósitos percentuais de pulverização sobre folhas de maçã em diferentes condições ambientais no momento da aplicação.

4.5 Velocidade e Direção do Vento

Fatores como o tamanho da gota e sua velocidade descendente, turbulência de ar e altura da barra afetam a distância que uma gota percorre antes de se depositar no alvo. Porém, velocidade de vento normalmente é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior for a velocidade de vento, maior será a distância para fora do alvo que uma gota de um determinado tamanho será levada. Quanto maior for a gota, menos será afetada pelo vento será e mais rápido se depositará. Porém, ventos em alta velocidade também podem desviar gotas maiores para fora do alvo (OZKAN, 2005).

Vários autores consideram que gotas de 100 micrometros (μm) ou menores são facilmente carregadas pelo vento e evaporam muito rapidamente, sofrendo mais intensamente a ação dos fatores meteorológicos. Outros pesquisadores consideram um limite mais rígido, de 150 μm . Entretanto, é importante reconhecer que a deriva não começa ou para nesses limites de 100 μm ou 150 μm . O potencial de deriva aumenta gradativamente à medida que as gotas forem menores que esses diâmetros e, continuamente, decresce à medida que elas forem maiores.

A direção do vento é tão importante quanto a velocidade na redução do dano causado pela deriva. A presença de vegetação sensível ou comunidades próximas ao local de pulverização, particularmente na direção do vento, é uma das primeiras coisas que deveriam ser avaliadas ao se iniciar uma pulverização, mas é frequentemente negligenciada ao se iniciar uma pulverização trazendo riscos ao ambiente ou a saúde humana.

Recomendam-se pulverizações com vento dentro dos limites de 3 a 9 quilômetros por hora, desde que ajustes nos padrões de gotas sejam feitos para trabalho dentro desse limite.

Referências

ABI SAAB, O. J. G.; ANTUNIASSI U. R. Avaliação do depósito de calda em um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras. **Energia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 1997.

AGROW. 1998 Top ten agrochemical companies. World Crop Protect News, Mar. 26th 1999, Apr. 16th 1999. In: PANNA: 1998 Top Ten Agrochemical Companies. **Pesticide Action Network Updates**, May 7th 1999.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. Y.; FERRACINI, V. L. Eficiência de deposição de pulverização em videira, comparando bicos e pulverizadores. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 14, p. 39-46, 2004.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre deriva na pulverização**. São Paulo: TeeJet South América, 1999. 15 p. (Boletim Técnico. BT-04/99).

FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Esalq/USP, 2006. p. 293-303.

FRIEDRICH, T. Qualidade em tecnologia de aplicação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Palestras...** Botucatu: Unesp, 2004. p. 94-109.

KOGAN, M.; PÉREZ JONES, A. **Herbicidas**: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile, 2003. 331 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. London: Longman, 1992. 405 p.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: NOVAS TECNOLOGIAS, 2., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária - Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 95.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 140p.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. Boletim 816-00 - Departamento de Alimentação, Agricultura e Engenharia Biológica. Universidade de Ohio. Disponível em: <http://www.e-sprinkle.com.br/br/includes/downloads/Artigos/Como_Reduzir_a_Deriva.doc>. Acesso em 25 out. 2005.

PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Deposição em folhas de macieira com diferentes volumes de calda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2004. p. 100-103.

PALLADINI, L. A.; KRUEGER, R. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos para pomares de pêssego. In: MONTEIRO, L. B.; MIO, L. L. M.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço**: uma visão ecológica. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004. p. 299-316.

PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Deposição obtida nas pulverizações de macieira com diferentes volumes de calda e temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2004.

RAMOS, H. H.; MAZIERO, J. V. G.; YANAI, K.; CORRÊA, M.; SEVERINO, F. J.; KANNO, O. Y.; MARTINS, P. S.; MURA, C.; MORGANO, M. A. Exposição dérmica do aplicador de agrotóxicos na cultura da uva, com diferentes pulverizadores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 6, n. 1, p.175-179, 2002.

SANTOS, H. P. Fruteiras de clima temperado em cultivo protegido: desafios e perspectivas em videira e macieira. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE FRUTEIRAS DE CLIMA TEMPERADO, 1., 2005, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. p. 37-44. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 52).

