



Capítulo 13 - Tecnologia de Aplicação

Robinson Luiz Contiero Denis Fernando Biffe Valdenir Catapan

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

CONTIERO, R.L., BIFFE, D.F., and CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. *Hortaliças-fruto* [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 401-449. ISBN: 978-65-86383-01-0. https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a <u>Creative Commons Attribution</u> 4.0 International license.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença <u>Creative Commons</u> Atribição 4.0.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia <u>Creative</u> <u>Commons Reconocimento 4.0</u>.

Tecnologia de Aplicação

Robinson Luiz Contiero, Denis Fernando Biffe e Valdenir Catapan

1 Introdução

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos a um determinado processo produtivo. Por analogia, Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas é a utilização dos conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas.

Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, havendo uma ampla diversidade de fatores que, interdependentemente, interferem na deposição do produto no alvo de forma eficiente e econômica. É de se considerar que um bom conhecimento desses fatores seja fundamental para a escolha da correta tecnologia a ser empregada. É fácil adquirir um produto ou equipamento de alta tecnologia, basta ter recursos financeiros; mas o grande 'gargalo' do aumento da produção e do crescimento é saber como utilizar esses produtos ou esses equipamentos. Muitos conhecimentos adquiridos nessa área ainda não estão sendo aplicados no setor produtivo, requerendo maior divulgação dos fundamentos básicos para que a aplicação seja realizada de forma correta e eficiente.

O sucesso no manejo fitossanitário depende de um conjunto de conhecimentos. O objetivo principal é permitir um bom controle, diminuindo os danos, evitando efeitos negativos ao ambiente e garantindo a sustentabilidade do sistema. Para isso, o primeiro passo é o correto monitoramento da lavoura e, em função disso, tomar a decisão de aplicar os defensivos agrícolas no momento mais oportuno.

A Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas vem apresentando avanços significativos em diversas frentes, sendo que uma das maiores preocupações, em todo o mundo, tem sido o controle da deriva. O ponto fundamental para o sucesso nas aplicações é a correta regulagem, assim como a manutenção das máquinas aplicadoras. De nada vale adquirir o melhor produto se, quando utilizálo, falta conhecimento e não se tira proveito de suas vantagens.

Outro aspecto que jamais pode ser esquecido se relaciona com as condições climáticas no momento da aplicação. A pesquisa vem, dia a dia, melhorando o desempenho das aplicações, e novos resultados e recomendações são constantemente gerados, fazendo-se necessários a constante atualização e treinamento da mão de obra envolvida com a aplicação de defensivos agrícolas.

O crescente aumento do custo de mão de obra e de energia e a preocupação, cada vez maior, em relação à poluição ambiental têm ressaltado a necessidade de tecnologia mais acurada para a aplicação do produto químico no alvo. Para isso, são necessários procedimentos e equipamentos mais adequados para maior proteção do trabalhador e do ambiente.

Para que se verifique esse avanço tecnológico desejado, é imprescindível a compreensão dos fatores que afetam a aplicação de defensivos agrícolas e a inter-relação entre eles. Dentre os fatores que afetam a aplicação dos defensivos agrícolas, podem-se destacar, como principais, os seguintes:

a) Clima

Além de ser um fator limitante para o desenvolvimento de uma cultura, o clima influi diretamente no controle das pragas, das doenças e das plantas daninhas, uma vez que determina as condições ambientais existentes. A pluviosidade, a temperatura, a umidade relativa e a ocorrência de ventos são alguns dos fatores climáticos a serem considerados.

Altas temperaturas associadas a altas umidades relativas constituem-se em condições propícias ao desenvolvimento de pragas e de doenças. Dessa forma, quando o agricultor notar a ocorrência dessas condições, deve preparar-se para o eventual controle, através do contínuo monitoramento de sua lavoura. Esse controle pode ser preventivo ou corretivo. A fim de manter a quantidade de defensivo ao mínimo realmente necessário, deve-se, sempre que possível, utilizar apenas o controle corretivo, quando se faz a aplicação do defensivo após a verificação da ocorrência da praga ou da doença.

Em condições em que há ocorrência de ventos fortes, a aplicação de defensivos, se for realizada, deve ser precedida de maiores cuidados para se evitar o fenômeno da deriva, que consiste no arrastamento das partículas produzidas durante a aplicação, para longe da área onde essas deveriam se depositar. A deriva é uma ocorrência a ser evitada com a aplicação de qualquer defensivo, porém é ainda mais crítica na aplicação de herbicidas. De uma maneira geral, aconselha-se a aplicação de defensivos nas horas de maior calma ambiental, que normalmente são notadas nas primeiras horas da manhã, ou no final do dia. Essas aplicações idealmente devem se limitar a condições de ventos máximos ao redor de 3,0 km h-1.

b) Solo

Por se constituir no substrato mais comum para o desenvolvimento das plantas, o solo deve ser considerado quanto aos aspectos de cobertura, topografia e textura. Com relação à cobertura, existem condições em que o solo se encontra com um grande número de troncos e de tocos, como quando se faz a derrubada manual no preparo inicial do solo. Nessas condições, como se pode facilmente concluir, é impossível o tráfego de máquinas tracionadas por animais ou tratores. Nesse caso, a única opção para aplicação são os equipamentos manuais, carregados e operados por uma pessoa. Quando as áreas são muito extensas, pode-se recorrer à aviação agrícola como uma das formas de se fazer a aplicação de defensivos nessas condições.

A topografia é outro fator relacionado ao terreno, uma vez que ela limita a escolha da técnica e do equipamento a ser utilizado. Em condições de topografia muito acidentada, pode-se tornar inviável a aplicação de defensivos com máquinas tratorizadas, uma vez que a estabilidade e, por consequência, a segurança da operação ficam comprometidas.

A textura do solo influi na dosagem do produto a ser utilizado. Geralmente em solos argilosos, os quais contêm uma quantidade maior de coloides que inibem o princípio ativo de alguns defensivos, como os herbicidas, as dosagens são maiores que para os solos arenosos.

c) Hospedeiro

Em uma propriedade agrícola, o hospedeiro é o elemento que será atacado pela doença ou praga, portanto o hospedeiro pode ser um vegetal ou um animal. Com relação aos vegetais e animais utilizados em uma exploração agrícola, os aspectos mais importantes são a seleção e o melhoramento, o conhecimento do ciclo biológico e as características morfológicas e fisiológicas dos vegetais e dos animais. A seleção e o melhoramento são aspectos importantes, pela possibilidade de se aumentar a resistência do hospedeiro a determinada praga ou doença.

Os demais aspectos relacionados ao hospedeiro permitem escolher a técnica e o equipamento mais adequados ao controle. A título de exemplo da importância desses conhecimentos a respeito do hospedeiro, pode-se mencionar o controle do chamado mal de Sigatoka, que é uma doença da bananeira, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola*, que é muito comum no litoral. A

doença se caracteriza pela penetração de esporos do fungo pela parte inferior das folhas mais novas da bananeira. Para se controlar esse fungo, há necessidade de se utilizar um fungicida, que deve ser aplicado na forma de atomização, sempre que a bananeira emitir uma folha nova. Pelo estudo da planta, chegou-se à conclusão de que a bananeira emite uma folha nova a cada 6 a 10 dias. Portanto, para impedir que o fungo se desenvolva na parte inferior da folha, há necessidade de se realizar uma aplicação do produto a cada 10 dias, durante o ciclo biológico da planta. Através do conhecimento dos fatores mencionados anteriormente, pode-se escolher a periodicidade de aplicação, o defensivo a ser utilizado, a técnica de aplicação e o equipamento a ser utilizado.

Outro exemplo marcante é o controle da ferrugem asiática ou ferrugem da soja (*Phakopsora* sp). O controle deve ser preventivo, antes do aparecimento da doença. Porém, se a necessidade for de aplicações curativas, é importante saber que o início da doença ocorre nas partes mais baixas da soja, o que determina a obrigatoriedade de o fungicida atingir a parte de baixo da planta que, em condições de cultura em estágios avançados de desenvolvimento (grande massa foliar), só será conseguido com a associação correta entre volume de calda e ponta de pulverização.

d) Patógeno

É o elemento considerado praga (insetos, nematoides, ácaros etc.) ou causador de doenças (bactéria, vírus, fungo etc.). Os patógenos são exaustivamente estudados pelas ciências afins (entomologia, nematologia, acarologia, bacteriologia, virologia, fitopatologia), de forma que, para efeito deste trabalho, apenas o tamanho e a mobilidade dos patógenos serão considerados.

Com relação ao tamanho do patógeno, pode-se encontrar desde os fungos, cujos esporos são medidos em mícrons, até as lagartas, cujo tamanho pode atingir vários centímetros. Pode-se supor que é muito mais fácil atingir uma lagarta com uma técnica de aplicação qualquer, do que um esporo ou uma pequena mancha causada por um fungo em uma folha. No primeiro caso, mesmo que as partículas tenham tamanhos desuniformes e não cubram totalmente a folha, existe uma probabilidade muito maior de o defensivo contido na partícula atingir o patógeno. No caso do fungo, se as partículas não estiverem uniformemente distribuídas sobre a folha, são remotas as chances de o defensivo atingi-lo.

O fator mobilidade do patógeno está também intimamente relacionado ao tipo de aplicação a ser utilizada. Assim, se o patógeno tem grande mobilidade, a sua chance de entrar em contato com o defensivo, mesmo que ele esteja contido em partículas de diferentes tamanhos, espalhadas ao acaso sobre a superfície tratada, é muito maior do que quando o patógeno é praticamente imóvel, como no caso da mancha provocada pelo fungo.

e) Princípio ativo

É o produto que efetivamente irá controlar o patógeno. Normalmente, os princípios ativos dos defensivos são testados pelos fabricantes e através de instituições oficiais. Ambos podem fornecer informações sobre o melhor defensivo a ser utilizado para o controle do patógeno, bem como a dosagem e a técnica de aplicação a ser utilizada.

Normalmente, o princípio ativo é diluído em algum produto inerte, para se obter a distribuição uniforme do mesmo sobre a superfície a ser tratada. Existem, porém, alguns produtos utilizados em aplicações a ultrabaixo volume, que podem ser aplicados na forma pura em dosagens extremamente baixas, que podem chegar ao redor de 0,4 L ha⁻¹.

f) Veículo

É o material inerte ao qual é misturado o princípio ativo para a aplicação. Os veículos podem ser líquidos, como água, óleo etc., ou sólidos, como talco, gesso, argila etc., utilizados na forma de pós ou de grânulos. De uma maneira geral, pode-se dizer que uma aplicação de defensivo deve procurar

utilizar a menor quantidade possível de veículo, uma vez que este, embora inerte, tem um custo para transporte, diluição, aplicação etc.

Devido ao fato de o veículo sólido na forma de pó apresentar, em geral, densidade diferente do princípio ativo, durante a aplicação, há a tendência de ambos se separarem, dificultando a aplicação uniforme do princípio ativo. Aliado a esse fato, o pó é menos efetivo no controle dos patógenos, principalmente em regiões de alta pluviosidade. Por esses motivos, as aplicações de defensivos na forma de polvilhamento têm diminuído muito nos últimos anos.

g) Operador

É o principal fator a ser considerado na aplicação de defensivos agrícolas por diversas razões. A principal delas é que o próprio ser humano é o elo final da cadeia de produção e utilização de alimentos e fibras. Dessa forma, toda e qualquer agressão desnecessária ao meio ambiente, como a aplicação incorreta de defensivos agrícolas, irá refletir no bem estar do próprio ser humano.

Sendo o operador uma parte integrante de um sistema de aplicação de defensivos agrícolas, deve-se preocupar com a sua adequada instrução no uso e na manutenção dos equipamentos, bem como os cuidados no manuseio dos defensivos a serem utilizados para aumentar a segurança e a eficácia, e diminuir os riscos da aplicação. A instrução do operador é extremamente importante, não só quanto à correta utilização dos equipamentos, como também do defensivo mais apropriado para o controle do patógeno. A correta recomendação do defensivo inicia-se na seleção do mesmo, restringindo-se apenas aos produtos autorizados no país e não proibidos no exterior e, no mínimo, nas situações descritas como apropriadas pelos fabricantes e pelas instituições do governo, encarregados de licenciá-los.

h) Máquina

É um dos fatores mais importantes, uma vez que é através dela que se faz a aplicação mecanizada dos defensivos. O sucesso do tratamento realizado, medido pelo grau de controle do patógeno, dependerá da regulagem, da manutenção e das características operacionais da máquina utilizada.

2 Fundamentos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

Com o crescente aumento do custo dos defensivos, da mão de obra e dos combustíveis, além da preocupação cada vez mais crescente em relação à poluição ambiental, ressalta-se a necessidade de uma tecnologia mais precisa na colocação do defensivo no local correto, bem como de procedimentos e equipamentos adequados à maior proteção do aplicador. O estudo do processo de aplicação de defensivos agrícolas, considerando-se todos os conhecimentos existentes, torna a matéria multidisciplinar por excelência, e vários termos necessitam ser discutidos, no sentido de se estabelecerem conceitos bastante claros.

2.1 Alvo Biológico

Para que o defensivo agrícola possa exercer sua ação sobre um determinado organismo que se deseja controlar, ele deve atingir esse organismo. Dessa forma, o alvo biológico a ser atingido (de forma direta ou indireta) é esse organismo, que pode ser uma planta daninha, um

inseto, um fungo, uma bactéria ou a própria planta. Portanto qualquer quantidade de defensivo que não atinja o referido alvo não terá qualquer eficácia e estará representando uma forma de perda. A fixação pouco exata do alvo eleva invariavelmente a perda de grandes proporções, pois o produto é então aplicado sobre partes que não têm relação direta com o controle. Em média, 30% do produto aplicado visando atingir as folhas das plantas atingem o solo, por ocasião da aplicação.

O alvo é atingido diretamente quando se coloca o produto em contato direto com o alvo escolhido no momento da aplicação. De forma indireta, o alvo é atingido através da redistribuição do produto aplicado (pela translocação sistêmica ou pelo deslocamento superficial do depósito inicial do produto). Em função do tipo desse alvo (sua forma, tamanho, posição etc.), a pulverização a ser produzida deverá ter características específicas para melhor atingi-lo. É, portanto, de fundamental importância a correta e precisa definição do alvo a ser atingido. Entretanto, devido a vários fatores, na prática, a definição do alvo é muito mais vaga e flexível.

Utilizando o exemplo bastante difundido por Matuo et al. (2000), para a aplicação de um acaricida para o controle do ácaro branco do algodoeiro, que se encontra nas folhas jovens ('ponteiros') das plantas, podemos considerar como alvo a ser atingido o ácaro branco, as folhas jovens ('ponteiros') das plantas, toda a planta do algodoeiro e todas as plantas da área.

Percebe-se que, com os atuais conhecimentos e instrumentos disponíveis, não é possível atingir somente os ácaros e, portanto, a fixação do avo deve ser 'menos precisa', escolhendo-se outra opção. Obviamente, ao fixarmos o alvo como sendo as folhas do 'ponteiro' da planta, ele será muito mais preciso do que a escolha da planta do algodoeiro como um todo. Ou seja, se o produto utilizado deve apresentar a maior eficiência possível, o alvo deve ser definido em termos de tempo e de espaço, de maneira a possibilitar que a maior quantidade possível dele atinja o alvo desejado.

2.2 Volume de Aplicação

É o volume de calda (ou seja, que sai do equipamento de aplicação) por área ou por planta, dependendo do tipo de trabalho executado. Esse volume está relacionado ao uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima necessária para o controle do organismo-alvo. Normalmente, para as culturas rasteiras ou para aplicações em área total, o volume de aplicação é expresso em litros por hectare (L ha-1), enquanto que, para culturas arbustivas e arbóreas, ainda é muito empregada a determinação em litros por planta (L planta-1).

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. Na aplicação via líquida, é usual classificar o processo em função do volume de calda aplicado por hectare. Nas Tabelas 1 e 2, são apresentadas as diferentes classes de aplicação via líquida, segundo diversos autores.

Existe uma tendência de diminuição do volume das pulverizações, objetivando o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores (área tratada por hora). O custo da coleta e do transporte da água utilizada na aplicação é significativo e o tempo necessário em reabastecimentos afeta diretamente a eficiência operacional da pulverização, especialmente se as condições climáticas diminuírem o período disponível para o trabalho. Na Figura 1, pode ser observado que o aumento do volume de aplicação proporcionou diminuição da produção diária do equipamento.

Tabela 1 - Classificação do volume de aplicação (L ha⁻¹)

Classes	Volume (L ha ⁻¹)
Ultra ultra baixo volume (U-UBV)	< 0,5
Ultra baixo volume (UBV)	0,5 – 5
Baixo volume (BV)	5 – 50
Médio volume (MV)	50 – 500
Alto volume (AV)	> 500

Fonte: ASABE (2007).

Tabela 2 - Classificação do volume de aplicação (L ha-1)

Classes	Volume (L ha ⁻¹)		
	Culturas anuais	Culturas arbóreas	
Alto volume	> 600	> 1000	
Médio volume	200 - 600	500 - 1000	
Baixo volume	50 - 200	200 - 500	
Muito baixo volume	5 - 50	50 - 200	
Ultra baixo volume	< 5	< 50	

Fonte: Matthews (2000).

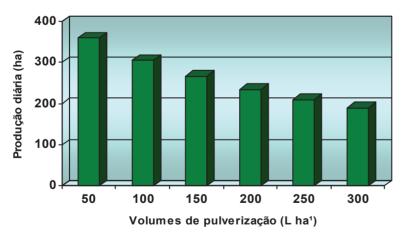


Figura 1 - Efeito da variação do volume de pulverização (uso de baixos volumes) na produção diária e diminuição percentual da produção diária de um equipamento Uniport 3000 4x4 Vortex, operando nas seguintes condições: jornada diária de 12 h; velocidade de 16 km h⁻¹; tempo de abastecimento de 20 min e eficiência de operação de 0,8.

Fonte: Jacto S/A (2006).

Atualmente, existe um consenso de que a denominação 'alto volume' seja dada à aplicação feita até além da capacidade de retenção das folhas, de tal modo que haja escorrimento. Em contraposição, o 'ultra baixo volume' é hoje definido como o volume mínimo por unidade de área para se alcançar o controle, independentemente de um limite. Diversas pesquisas têm comprovado que alguns herbicidas melhoram significativamente a sua eficiência em aplicações

de baixo volume (Figuras 2 e 3). Nessas condições, a maior concentração dos herbicidas nas gotas acelera sua passagem pela cutícula que reveste as folhas, o que se traduz em uma aplicação mais eficiente e, geralmente, de efeitos mais rápidos.

Outros defensivos, como os inseticidas e principalmente os fungicidas, nem sempre se adequam ao uso de baixo volume de calda. Em plantas com grande área foliar, é necessária boa cobertura de gotas para atingir níveis adequados de controle e minimizar as perdas de produtividade.

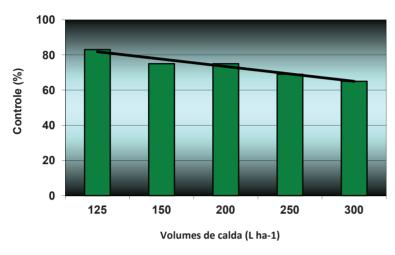


Figura 2 - Efeito do volume de calda na eficiência de sethoxydim (230 g ha⁻¹ + 0,5% de óleo mineral) no controle de *Brachiaria plantaginea*. Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

240 g ha⁻¹ 480 g ha⁻¹ 720 g ha⁻¹

Doses de glyphosate (i.a.)

■150 L ha⁻¹

■100 L ha⁻¹

■50 L ha⁻¹

Figura 3 - Efeito do volume de calda e doses de glyphosate na dessecação de mono e dicotiledôneas.

Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

Muitas vezes, o produtor tenta ganhar em eficiência, ou seja, tratar uma área maior com menor volume de calda e acaba obtendo um menor controle que pode interferir na produtividade da sua lavoura. Evidentemente, esse comportamento é dependente de cada produto e das interações deste com o ambiente. De maneira geral, quanto maior a temperatura e menor a umidade relativa do ar, maior deverá ser o volume aplicado (Figura 4).

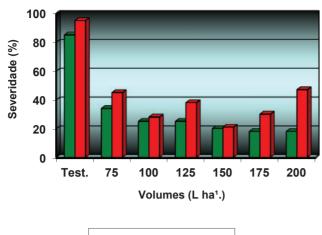


Figura 4 - Incidência de oídio aos 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) do fungicida difeconazole, com diferentes volumes de calda.

Fonte: Boller et al. (2004).

■15 D.A.A. ■30 D.A.A.

2.3 Perda

Por definição, perda é toda quantidade de material que não atinge o alvo, geralmente expressa em porcentagem daquela que foi emitida pela máquina aplicadora. Essa perda pode também ser representada por material que chega ao alvo e não é retido por ele.

Quando se pulveriza uma cultura ou uma vegetação em área total visando às folhas, muitas gotas caem entre a folhagem, principalmente no espaço entre as linhas e o solo. Uma outra parte da pulverização emitida pela máquina pode não chegar ao alvo, seja pelo arrastamento pelo vento (deriva) ou mesmo pela evaporação do diluente da calda, deixando o princípio ativo em suspensão no ar.

Considera-se que, em condições normais de aplicação e em função da temperatura e da umidade reinantes na maior parte do tempo, as gotas com diâmetros menores que $100~\mu m$ são perdidas por evaporação e deriva. Portanto é fácil prever a quantidade do produto que pode ser perdida por esses motivos em uma aplicação, bastando conhecer as características da pulverização produzida pelos bicos utilizados. Esse é o índice normalmente utilizado como Potencial de Risco de Deriva (que envolve também as perdas por evaporação), isto é, a porcentagem do volume pulverizado que está contido em gotas de diâmetros menores que $100~\mu m$. O conhecimento dessas informações pode auxiliar na escolha adequada do bico de pulverização.

2.4 Diluente

A água é o diluente (líquido usado para reduzir a concentração do ingrediente ativo de uma formulação para a aplicação) mais comumente utilizado nas pulverizações agrícolas, por ser de fácil obtenção e de baixo custo, além de contar com a ampla opção de formulações compatíveis; porém a água apresenta duas limitações:

a) Tensão Superficial: A água apresenta alta tensão superficial, o que leva a gota depositada em uma superfície a permanecer na forma esférica, fazendo que tenha pouca superfície de contato. Para corrigir esse problema, basta adicionar nela algum agente tensoativo ou surfactante para que diminua a tensão superfícial. Com isso, a gota se espalha facilmente na superfície, molhando maior área (Figura 5). Alguns adjuvantes integrantes da formulação, como os agentes molhantes, emulsificantes etc., são agentes tensoativos e, portanto, a

- simples presença dessas formulações na calda pode ser suficiente para diminuir a tensão superficial da água até os níveis desejados. Outras vezes, há necessidade da adição desses agentes tensoativos que, na prática, são conhecidos como Espalhantes-Adesivos.
- b) Evaporação: A água possui pressão de vapor relativamente alta, fazendo que ocorra diminuição do volume da gota produzida, em função de sua evaporação. A intensidade da evaporação depende de vários fatores, dos quais os mais importantes são: a) proporção de líquidos não voláteis ou partículas sólidas existentes na mistura; b) temperatura e umidade do ar e velocidade do vento; c) tamanho da gota; d) tempo que a gota permanece no ar. À medida que a água vai evaporando, as gotas diminuem de peso e, portanto, a possibilidade de impacto dessa gota no alvo desejado é reduzida. Gotas de mesmo tamanho podem ter comportamentos diferentes, se diferentes forem as condições ambientais (Tabela 3). Portanto a observação das condições de temperatura e de umidade relativa é muito importante para uma aplicação correta.



Figura 5 - Ação dos adjuvantes nas gotas aspergidas sobre as folhas.

Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

Tabela3 - Comportamento de gotas de diversos tamanhos, em diferentes condições ambientais.

Condições Ambientais	Temperatura: 20,0°C ΔT: 2,2°C U.R.: 80%		Temperatı ΔT: 7 U.R.:	·
Ø inicial da gota (μm)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)
50	12,5	0,13	4,0	0,032
100	50,0	6,70	16,0	1,80
200	220,0	81,70	65,0	21,0

Fonte: Christofoletti (1997).

Segundo Amsden (1962), o tempo de 'vida' da gota de água pode ser calculado pela fórmula:

$$t = \frac{d^2}{80\Delta t}$$

Em que: t = tempo de 'vida' da gota (s);

 $d = diâmetro da gota (\mu m);$

 ΔT = diferença de temperatura (°C) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido do psicrômetro.

Em condições tropicais, de alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas de pulverização é bastante problemático, agravando-se sobremaneira em dias muito secos. Aplicações com gotas médias e pequenas, muitas vezes, não chegam a atingir o alvo, desaparecendo antes.

Para aplicações utilizando-se aeronaves, as condições limites são:

- a) Para aplicações com calda de formulação líquida em água, usando gotas de 200 a 500 μ m de diâmetro e volumes de calda de 20 a 50 L ha⁻¹, a aplicação deve ser interrompida quando ΔT > 8°C, ou quando a temperatura do ar for maior que 36°C;
- b) Para aplicações com calda de formulação líquida em água, utilizando-se gotas de 150 a 170 μ m de diâmetro e volumes de calda de 10 a 15 L ha⁻¹, a interrupção da aplicação deve ocorrer quando $\Delta T > 4,5$ °C, ou quando a temperatura do ar for maior que 32 °C.

O problema da evaporação da água parece não ser sentido pelos agricultores, uma vez que, em sua maioria, utilizam gotas grandes e o bico está próximo o suficiente do alvo de tal forma que, se esse fenômeno acontecer, não chega a causar prejuízos. Porém, quando utilizam gotas pequenas ou quando a distância a ser percorrida pela gota é relativamente grande (aplicação aérea ou com canhão terrestre, por exemplo), o controle da evaporação deve ser rigoroso, evitando diminuição da eficiência da aplicação. Principalmente em regiões tropicais, o fenômeno da evaporação impede que a água seja dividida em gotas muito pequenas, o que faz que o volume de aplicação de uma calda à base de água seja relativamente grande.

Em muitos casos, são feitas recomendações de utilização de óleo emulsionável junto à calda, para evitar a evaporação. É importante esclarecer que diversos experimentos comprovaram que o óleo não atua como antievaporante da água. O que se observa é que a parte aquosa da gota acaba evaporando com a mesma velocidade da água e, no final, resta somente a porção correspondente ao óleo.

Uma possibilidade de diminuir os efeitos da evaporação é a realização de aplicações noturnas (período em que a umidade relativa do ar é maior e a temperatura menor). A Fundação ABC tem obtido resultados bastante satisfatórios em seus trabalhos com aplicações noturnas, inclusive com possibilidade de redução do volume de calda e do diâmetro das gotas.

2.5 Deriva

Deriva é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação e que não atingem o alvo, ocasionando, portanto, também uma fonte de perdas do produto. Pode ser dividida em Endoderiva, quando a perda ocorre dentro da cultura (material que não é coletado pelas folhas e cai no solo) e Exoderiva, quando a perda ocorre para fora da área tratada. De qualquer forma, a intensidade da deriva está relacionada ao tamanho da gota, a distância em que foi liberada em relação ao alvo, à sua velocidade de lançamento e à velocidade do vento.

Quando se trabalha com caldas aquosas, os problemas de evaporação e deriva devem ser analisados em conjunto, uma vez que, à medida que perde peso por evaporação, a gota fica mais sujeita ao arrastamento pelo vento, podendo inclusive desaparecer por completo antes de chegar ao alvo. As gotas que ficam flutuando ou que se evaporam por completo deixam no ar o ingrediente ativo que pode ser carregado a distâncias consideráveis, causando problemas de poluição e danos às plantas ou às culturas porventura susceptíveis àquele produto químico.

2.6 Recuperação ou Eficiência da Aplicação

Em função da forma da pulverização, das situações próprias do alvo e das condições adversas que causam perdas, somente uma parte do produto atinge o objetivo proposto. A quantidade de material retido pelo alvo, geralmente expressa em porcentagem daquela que foi emitida pela máquina, é considerada como recuperação ou eficiência de coleta ou eficiência da aplicação e é afetada por: a) forma, tamanho e posição do alvo; b) densidade, diâmetro e velocidade da gota; c) velocidade e direção do fluxo de ar que passa ou envolve o alvo.

A eficiência ou a recuperação da aplicação pode ser definida como:

eficiência ou recuperação
$$=\frac{\text{quantidade retida pelo alvo (aplicação)}}{\text{quantidade emitida pela máquina (pulverização)}}$$

Basicamente, as gotas sofrem a ação de duas forças: a 'força de inércia', que tende a manter a gota em uma trajetória retilínea, e a 'força aerodinâmica' (ou arrasto aerodinâmico), que tende a carrear as gotas ao longo do fluxo de ar em volta do alvo. Algumas gotas (as mais pesadas) impactarão o alvo, e outras passarão ao longo da superfície (Figura 7). Por outro lado, o movimento turbilhonado resultante da passagem do fluxo de ar ao redor do alvo (perfil não aerodinâmico) direcionará as partículas menores para a superfície posterior do alvo. Já as gotas mais finas poderão se depositar nas partes mais internamente da planta ou se perder no ambiente (Figura 7).

Para os alvos horizontais contínuos, como a superfície do solo em aplicações de préemergência, a recuperação ou a eficiência de coleta atinge valores mais elevados devido à menor interferência dos fatores ambientais para o impacto com a superfície. De qualquer maneira, existe também a resistência e o movimento de camadas de ar próximo à superfície, dificultando a chegada de gotas pequenas, razão pela qual, nesse tipo de aplicação, devem ser usadas pulverizações de gotas maiores que aumentarão a eficiência de coleta. Embora a pulverização com gotas maiores possa diminuir a cobertura da superfície, essas aplicações contam com a própria umidade do solo para melhorar a distribuição do produto e atingir as sementes em germinação e mesmo as raízes para que o produto seja absorvido.

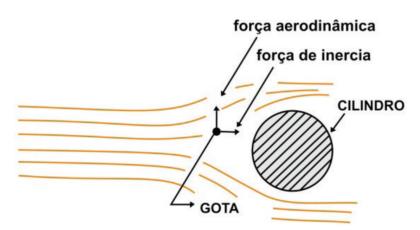


Figura 6 - Fluxo de ar e coleta de gotas em alvo de perfil aerodinâmico.

Fonte: Christofoletti (1997).

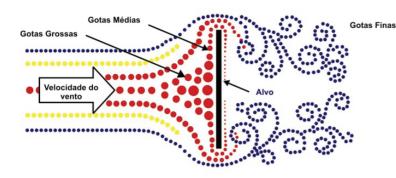


Figura 7 - Fluxo de ar e coleta de gotas em alvo de perfil não aerodinâmico.

Fonte: Christofoletti (1997).

Tanto no Brasil, como no exterior, não existem informações definitivas sobre os desperdícios que ocorrem durante as pulverizações de defensivos agrícolas. Algumas informações disponibilizadas na literatura internacional apontam que as aplicações de defensivos agrícolas são extremamente ineficientes, mas são fundamentadas apenas em fatos teóricos, ou seja, são baseadas nas doses teóricas de defensivos necessárias para controle de populações das pragas que produzem dano econômico.

Estudos com um novo método de determinação de volume depositado através de análise de gotas, testado em um experimento com pulverização aérea de herbicidas, demonstraram perdas em torno de 50% do volume de calda aplicado. Os resultados das perdas de defensivos agrícolas pulverizados em culturas como feijão e tomate foram elevados (Tabela 4).

Nas culturas de porte rasteiro, devido às características intrínsecas da forma de aplicação, existe uma clara tendência da deposição se concentrar na região do ponteiro das plantas. Em uma comparação de deposição proporcionada por diferentes bicos de pulverização na cultura do algodão, a deposição média foi significativamente decrescente da região apical (45%) para mediana (18%) e desta para a basal (7%) Scramin et al. (2002).

Tabela 4 - Eficiência da pulverização na distribuição de defensivos agrícolas, nas culturas de feijão e tomate

Cultura	Altura das plantas (cm)	Planta ¹	Solo ¹	Deriva ¹
Feijão	15	12	73	15
Feijão	35	44	41	15
Feijão	60	41	34	25
Tomate	40	36	28	35
Tomate	70	52	14	34

¹Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, em relação ao total aplicado.

Fonte: Chaim et al. (1999a).

A distribuição dos defensivos agrícolas em culturas de porte arbustivo foi observada em diferentes estádios de crescimento da cultura do tomate estaqueado. De certa forma, a cultura do tomate estaqueado serve como exemplo de pulverizações em que se aplicam grandes volumes de calda. Os dados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição percentual de defensivo agrícola, estimada para a cultura de tomate cultivado nos campos experimentais de Jaguariúna

Altura das plantas (cm)	Plantas	Solo	Deriva
50	24	39	37
110	35	20	45
160	41	29	30

Fonte: Chaim et al. (1999b).

A Embrapa desenvolveu um bocal eletrostático para pulverizadores motorizados costais e testes foram realizados, comparando as duas técnicas diferentes de pulverização na cultura do tomate estaqueado. Os equipamentos foram calibrados para aplicar a mesma dose de ingrediente ativo por hectare, mas com o pulverizador aplicando volume de calda de 1.000 L ha ⁻¹, enquanto o eletrostático apenas 20 L ha⁻¹. Os resíduos encontrados nas diferentes regiões das plantas são apresentados na Tabela 6.

Observa-se que, apesar de se aplicar aproximadamente a mesma quantidade de ingrediente ativo, o pulverizador motorizado costal proporcionou um resíduo médio, nas plantas, 19 vezes maior do que o pulverizador hidráulico convencional.

Tabela 6 - Resíduos de defensivo agrícola verificados em diferentes regiões de plantas detomate estaqueado, tratadas com dois tipos de pulverizadores

Região da Planta	Pulverizador tradicional (µg cm ⁻²)	Pulverizador Costal Motorizado Eletros- tático (µg cm²)
Inferior	0,11	1,61
Mediana	0,12	2,06
Superior	0,14	2,13
Resíduo médio	0,12	1,93

Fonte: Chaim et al. (1999b).

2.7 Cobertura

É a parte da superfície da área-alvo coberta pelo produto agrícola, expressa em porcentagem. Para os produtos que agem por contato, a cobertura do alvo tem que ser maior, pois possíveis áreas não atingidas podem propiciar o aparecimento de falhas significativas de controle. Já os produtos de ação sistêmica podem ser aplicados com uma cobertura menor, porém o suficiente para propiciar a transferência do ingrediente ativo para o interior do alvo. Assim sendo, os produtos de contato devem ser aplicados com uma pulverização mais fina que proporciona cobertura mais eficiente do alvo, ao passo que os produtos sistêmicos podem ser aplicados com gotas maiores, que apresentam maior resistência à deriva.

Outra forma de representar a cobertura do alvo é expressa em 'gotas por centímetro quadrado', isto é, o número de impactos da pulverização por unidade de área. Boa parte das recomendações técnicas de aplicação está baseada nesse critério, informando-se a faixa ou o número mínimo de gotas necessárias para um bom controle. O número de gotas produzidas por um dado volume de líquido é inversamente proporcional ao cubo do diâmetro das mesmas. Assim, o número médio (teórico) de gotas depositado por centímetro quadrado (n) de uma superfície plana pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$n = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{100}{d^2} \cdot \mathbf{Q}$$

em que:

d – diâmetro da gota (μm);

Q – volume de aplicação (L ha-1).

2.8 Uniformidade de Distribuição

Ao se efetuar uma aplicação de defensivo agrícola, a finalidade é obter distribuição uniforme do produto em toda a área a ser tratada. Superfícies com quantidades de produto abaixo dos mínimos exigidos causam controle deficiente, como também quantidades excessivas podem causar desperdício de produto e problemas de fitotoxicidade, encarecendo o processo de aplicação. A uniformidade de distribuição está intimamente ligada à regulagem perfeita do equipamento, à velocidade de trabalho e ao ajuste ao caminhamento da máquina no campo.

Uma das formas de se quantificar a uniformidade de distribuição é através da análise da deposição do produto (seja em volume de líquido, quantidade de princípio ativo ou mesmo por densidade de gotas depositadas) na área ou mesmo ao longo da barra de pulverização. A uniformidade é expressa pelo 'coeficiente de variação' obtido nessa análise. Quanto menor esse índice (em porcentagem), mais uniforme é a distribuição do produto na área amostrada.

2.9 Eficácia da Aplicação

Muitas vezes, o alvo atingido pela pulverização não é exatamente a praga a ser combatida ou mesmo o ponto da praga onde o produto químico vai agir. Alguns insetos ficam fortemente protegidos sob a superfície das folhas ou mesmo junto às raízes e só vão ser atingidos de forma indireta pelo produto. Esse também é o caso de sementes de plantas daninhas que vão ser eliminadas quando da sua germinação em contato com a água do solo que está contaminada pelo herbicida. A relação entre o efeito biológico do produto sobre a praga a ser controlada e a quantidade de produto retido pelo alvo é considerada como 'eficácia de aplicação'. Vários autores citam aplicações com eficácia da ordem de 30% no caso de herbicidas de contato, de 30% a 60% com herbicidas sistêmicos e de índices muito baixos no controle de insetos (0,02% ou menos).

Considerando que as pragas, de um modo geral, necessitam de pequenas doses do ingrediente ativo para serem controladas, e tendo em vista que as quantidades aplicadas desses produtos são muito grandes, não é inverdade afirmar que a aplicação de defensivos agrícolas é um dos processos mais ineficientes até hoje praticado pelo homem. Esse importante processo pode e deve ser melhorado. Assim, um bom tratamento fitossanitário deve ser iniciado com

a melhoria da eficiência da pulverização, que envolve o conhecimento da máquina e as suas possibilidades para produzir a pulverização necessária, e com o aumento da eficácia dessa aplicação, que envolve o conhecimento das pragas (localização, exposição, estágio de desenvolvimento e grau de infestação) e dos produtos químicos utilizados (modo de ação, restrições de uso e doses necessárias).

2.10 Fatores que afetam a eficiência da aplicação

O objetivo principal de uma pulverização é aplicar a quantidade mínima de ingrediente ativo sobre o alvo, obtendo o máximo de eficiência sem contaminar as áreas adjacentes – não alvo. Os defensivos agrícolas precisam ser aplicados em áreas atacadas por pragas, doenças e plantas daninhas. O aumento da contaminação do meio ambiente devido à deriva de produtos químicos tóxicos tem causado frequentes condenações às pulverizações, principalmente quando os efeitos são visíveis. Para determinados inseticidas, os efeitos não são facilmente detectáveis; mas, para alguns herbicidas como o 2,4-D, certas plantas podem exibir os sintomas de intoxicação a quilômetros de distância devido à ação do vento. Por exemplo, resíduos de organofosforados foram detectados no leite proveniente de vacas alimentadas próximo à área tratada.

As perdas que ocorrem durante as aplicações de defensivos agrícolas são originadas por um conjunto de causas. Nas pulverizações com grandes volumes de calda, muitas gotas caem entre as folhagens das plantas, especialmente nos espaços entre as linhas da cultura e entre as plantas, atingindo o solo. Uma grande quantidade de gotas atinge as folhas, coalescendo e formando gotas maiores, que não conseguem mais ficar retidas, escorrendo para as partes inferiores das plantas e caindo finalmente no solo.

A pulverização com intenção de molhar totalmente as plantas é muito praticada atualmente, apesar de ter sido 'inventada' no século passado. Na prática, o que acontece nesse tipo de aplicação é que, uma vez que se inicia o escorrimento, a retenção dos produtos químicos pelas folhas é menor do que se a pulverização fosse interrompida exatamente antes do início do escorrimento. Esse ponto dificilmente é conseguido, e a quantidade de produto químico retida nas folhas é proporcional à concentração da calda e independe do volume aplicado. Se o objetivo for reduzir o volume de aplicação, exigir-se-á uma produção e distribuição adequadas de gotas e, nesse caso, as perdas por evaporação e deriva podem ser acentuadas.

Atualmente, as recomendações contidas nos rótulos das embalagens dos defensivos agrícolas deixam a seleção do volume de aplicação a critério do aplicador. Algumas recomendações dão opções entre 200 a 1.000 litros de calda por hectare. Na prática, o usuário utiliza um mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para os vários estádios de crescimento da cultura. Quando a cultura se apresenta com pequena quantidade de folhas, o volume aplicado pode ser excessivo e, por outro lado, quando as plantas já estão desenvolvidas, o volume pode ser insuficiente para fornecer uma boa cobertura da cultura.

O volume de aplicação depende do tipo de tratamento que se deseja executar, mas apresenta uma forte relação com o tamanho das gotas produzidas pelos bicos, que determina a distribuição do defensivo no alvo. Pouca atenção tem sido dada ao tamanho das gotas e uma grande variedade de bicos tem sido utilizada ao longo dos anos. A maioria dos bicos produz espectro de gotas de tamanhos variados e, em muitos casos, as gotas grandes se chocam com as folhas mais expostas e não conseguem penetrar para se depositar nas superfícies 'escondidas' do vegetal. Essa deposição externa pode se dar em tal intensidade que acaba escorrendo para o solo, produzindo endoderiva. Por outro lado, as gotas pequenas, que são mais adequadas para penetração entre as folhas da planta, podem ser levadas pelo vento para fora da área tratada, provocando exoderiva e, além disso, são mais sensíveis à evaporação. O tamanho de

gota ótimo é aquele que promove o máximo de deposição de produto no alvo, com um mínimo de contaminação do meio ambiente.

A contaminação do solo pode provocar grandes variações nas populações de organismos não-alvo, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade. Muitas vezes, essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao aparecimento de novas pragas e doenças. Um solo contaminado pode ser levado pelas águas de chuva para rios, açudes e lagos, colocando em risco não só aquelas populações que vivem nesses sistemas, mas também os indivíduos que utilizam essa água para sua sobrevivência, como os animais e o próprio homem.

Para compensar as perdas que ocorrem durante as aplicações, as dosagens aplicadas são extremamente superestimadas. Brown (1951) já afirmava que, para matar um determinado inseto, era necessário apenas 0,0003 miligrama de um determinado produto; para controlar uma população de 1.000.000 de indivíduos (população que promovia dano econômico na cultura), seriam necessários apenas 30 miligramas do mesmo produto. Apesar disso, nas aplicações efetuadas no campo, eram utilizadas mais de 3.000 vezes a dose necessária para obter um controle adequado.

A aplicação de defensivos agrícolas tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, engenharia e química. A necessidade do conhecimento na área de biologia está relacionada, principalmente, aos níveis de controle, baseados em critérios econômicos, como a densidade crítica de plantas daninhas ou população máxima de determinados insetos. Os requisitos biológicos determinam os parâmetros como o tamanho e o número de gotas, bem como a concentração do agrotóxico, sendo que esses ainda podem variar de acordo com o alvo e o modo de ação do produto aplicado, para atingir um nível satisfatório de controle.

Vários fatores estão envolvidos na relação entre as gotas e o alvo, os quais, em função do número dessas interações, determinam a retenção ou a perda do agrotóxico. Dentre esses fatores, estão a forma do alvo, a natureza física da superfície e o ângulo de incidência das gotas em relação à superfície. Os fatores que influenciam o impacto e a retenção das gotas no alvo são o tamanho e a pressão com que se realiza a pulverização, além das condições micrometeorológicas durante a aplicação.

O tipo de formulação do produto, sua viscosidade, bem como o veículo líquido usado na pulverização também exercem uma importante influência na retenção das gotas pelo alvo. A eficiência do movimento da gota em direção ao alvo é influenciada tanto pelo processo de aplicação, como pelas características da formulação do produto. Nessa fase, a gota é influenciada pelas condições da natureza, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade vertical e horizontal do vento, turbulência do ar e pressão atmosférica.

3 Condições climáticas e qualidade da água para aplicação de defensivos agrícolas

As condições atmosféricas em diferentes horários do dia influenciam a eficiência dos tratamentos fitossanitários. Temperatura, umidade relativa do ar, ventos, chuvas, orvalho e luminosidade exercem grande influência sobre a eficiência dos defensivos agrícolas, e a observação desses fatores é de fundamental importância para o sucesso da operação.

A não observação de condições climáticas adequadas talvez seja hoje uma das maiores responsáveis pelo desperdício de defensivos no campo. A superfície do líquido é enormemente aumentada quando fragmentada em gotas, e perde a porção volátil por essa superfície. A água é um líquido volátil e evapora no trajeto entre a máquina e o alvo. Em condições tropicais de

alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas é bastante problemático, agravando-se sobremaneira em dias mais secos, quando a umidade relativa do ar é baixa. Nessas condições, uma gota de água será convertida em vapor muito rapidamente, fazendo que aplicações com gotas médias ou pequenas muitas vezes não cheguem a atingir o alvo, desaparecendo antes.

Palladini e Souza (2004) quantificaram porcentualmente as diferenças negativas nos depósitos de pulverização em diferentes horários de aplicação com turboatomizadores (Figura 8) e verificaram menores porcentagens de depósitos sobre as folhas com o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar.

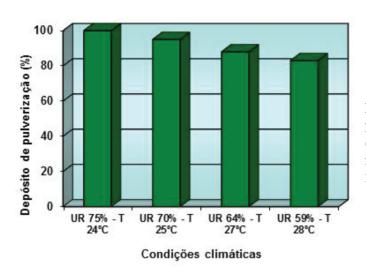


Figura 8 - Depósitos porcentuais de pulverização sobre folhas de maçã em diferentes condições ambientais no momento da aplicação.

Fonte: Palladini e Souza (2004).

3.1 Temperatura

A principal interferência que a temperatura elevada causa é o aumento do potencial de evaporação das gotas de pulverização. Normalmente a velocidade de evaporação de uma gota de água é duplicada se a temperatura aumenta de 10 °C para 20 °C ou de 20 °C para 30 °C, que seria o limite para realizar a aplicação. Além disso, temperaturas acima de 30 °C podem induzir as plantas a estresses, dificultando a absorção e a translocação dos defensivos. Por outro lado, aplicações realizadas com temperaturas menores que 10 °C podem também prejudicar a absorção e a translocação do defensivo, seja pelas características específicas do produto, seja pela mudança no metabolismo das plantas ou, ainda, pela integração desses fatores.

3.2 Umidade relativa do ar

A interferência da umidade do ar na aplicação é basicamente a mesma que ocorre com a temperatura, ou seja, quanto menor a umidade, maior o potencial para se perderem as gotas por evaporação. Menor umidade do ar também provoca menor absorção e translocação dos produtos aplicados. O ideal é que a umidade relativa do ar esteja acima de 60% para se obter uma boa aplicação.

Dentre os fatores ambientais, a umidade relativa do ar é o que, na maioria dos casos, mais influencia na eficiência de herbicidas. É um fator climático intimamente relacionado à temperatura, pois quanto maior a temperatura, menor é a umidade relativa do ar e vice-versa. Quanto menor a umidade relativa do ar e maior a temperatura, mais rapidamente ocorrerá o processo de evaporação dos líquidos em contato com o ar. Em uma aplicação de defensivo via

terrestre, as gotas percorrem uma distância de cerca de 0,50 m desde a saída do bico até o alvo e, nesse percurso, elas sofrem grande influência da umidade do ar, pois o tempo até sua completa evaporação é fortemente influenciado por esse fator climático. Quanto mais baixa for a umidade do ar, mais rapidamente as gotas evaporarão e, com elas, parte do defensivo aplicado.

O tempo de duração de gotas de diferentes tamanhos e em diferentes condições climáticas apresentado na Figura 9 mostra que, à medida que aumenta a temperatura e diminui a umidade relativa do ar, diminui a duração das gotas. Pela referida figura, constata-se também que, para determinado diâmetro da gota, ocorre diferença em sua duração ao se alterarem as condições ambientais.

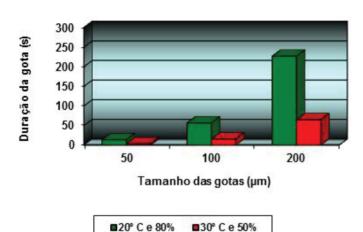


Figura 9 - Duração das gotas desde a saída do bico até sua completa evaporação, em função das condições climáticas (temperatura e umidade relativa) e do seu diâmetro.

Fonte: Matthews (1999).

Analisando a Figura 9, observa-se que, para gotas de 100 μ m, a evaporação ocorre 57 segundos após a mesma ter saído do bico (20 °C e 80%). Já em condições climáticas adversas (30 °C e 50%), essa mesma gota evapora após 16 segundos. É importante ressaltar que diversos relatos científicos indicam que gotas com menos de 100 μ m (consideradas como gotas pequenas) compõem uma proporção considerável do volume total aplicado, dependendo do bico e da pressão utilizada (Figura 10). Gotas com até 100 μ m de diâmetro, nas condições citadas, dificilmente permanecerão tempo suficiente sobre as folhas para que o produto seja absorvido ou poderão nem atingir o alvo desejado.

3.3 Ventos

Os ventos locais, que são aqueles cuja intensidade e direção variam com o relevo e a época do ano, são os que mais influenciam a aplicação dos defensivos agrícolas. O movimento do ar varia com a altitude da área, tornando-se mais turbulento próximo à superfície do solo. Quanto mais acidentada a área, maior a turbulência. A condição ideal de vento para aplicação situa-se entre 3 a 8 km h⁻¹, o que, na prática, significa sentir uma leve brisa no rosto ou verificar uma pequena movimentação nas folhas das culturas. Ventos superiores a 8 km h⁻¹ favorecem demasiadamente a deriva das gotas e ventos abaixo de 3 km h⁻¹ podem fazer que as gotas (principalmente as finas) fiquem suspensas no ar e não consigam atingir o alvo desejado.

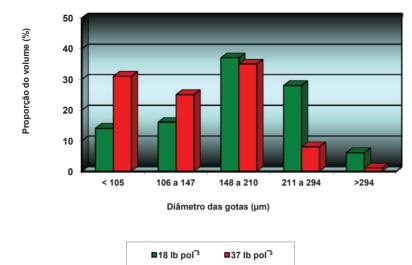


Figura 10 - Proporção do volume de calda formado pelas gotas de diversos diâmetros, produzidas por um bico leque 110.02 em função de diferentes pressões.

Fonte: Hofman e Solseng (1997).

Fatores como tamanho da gota e sua velocidade descendente, turbulência do ar e altura da barra afetam a distância que uma gota percorre antes de se depositar no alvo; porém a velocidade do vento normalmente é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior a velocidade do vento, maior é a distância para fora do alvo que uma gota de um determinado tamanho será levada. Quanto maior a gota, menos afetada pelo vento será e mais rápido cairá; ventos fortes, entretanto, podem desviar gotas maiores para fora do alvo.

3.4 Chuva

Todo defensivo necessita de certo tempo para ser absorvido. Dessa forma, o conhecimento sobre as características do produto (principalmente absorção e translocação) é importante para saber qual o intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de uma chuva. Em aplicações foliares, se a chuva ocorrer antes que aconteça a absorção total do produto, esse pode escorrer e ser perdido no solo. Em aplicações no solo, pode ocorrer lixiviação do produto, isto é, ele pode descer no perfil do solo e sair da zona de absorção.

3.5 Orvalho

Orvalho é a formação de gotículas de água, que acontece com a diminuição da temperatura noturna. Se o alvo da aplicação for uma cultura ou planta daninha, a presença dessa água nas folhas pode resultar em maior diluição do produto ou, até mesmo, no escorrimento do mesmo, acarretando em diminuição da eficiência da aplicação. Aplicações realizadas em regiões de clima mais ameno são mais sensíveis a problemas com orvalho. Outro problema que pode ocorrer é o aumento da fitotoxicidade, devido ao efeito lente da gota na qual incide a luz solar.

3.6 Luminosidade

É uma condição inerente ao defensivo utilizado. Alguns produtos são fotodecompostos, isto é, são degradados pela ação dos raios solares, enquanto outros necessitam de luz solar direta para serem absorvidos. O conhecimento dessas características específicas é fundamental para a realização do planejamento da aplicação.

A partir das informações acima, podemos concluir que as melhores condições de aplicação ocorrem nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde. Nesses períodos, as condições de temperatura, umidade relativa do ar e ventos são mais favoráveis, não só para a aplicação, mas também para a absorção dos produtos pelas plantas e pela menor ocorrência de perdas (Figura 11 e Tabela 7).

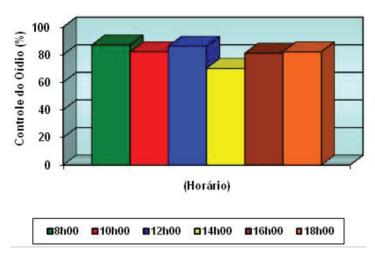


Figura 11 - Controle de oídio com difeconazole aplicado em diferentes horários do dia.

Fonte: Boller et al. (2003b).

Tabela 7 - Condições climáticas do ensaio sobre controle de oídio com difeconazole aplicado em diferentes horários

Horário do dia	Temperatura (°C)	U.R. (%)	Vel. ventos (Km h-1)
08h00	20,2	69	8,5
10h00	25,0	62	5,0
12h00	28,0	55	2,3
14h00	28,0	49	1,0
16h00	25,0	65	3,5
18h00	19,5	77	3,0

Fonte: Boller et al. (2003b).

4 Qualidade da água para aplicação de defensivos agrícolas

4.1 Água e seus efeitos sobre os defensivos

É muito comum o atendimento de reclamações de que os tratamentos não apresentaram o resultado esperado, sendo provável que, muitas vezes, são casos em que as águas utilizadas contêm minerais (sais), que concorrem com os produtos, comprometendo a eficiência destes. É importante levar em conta que a água contém inimigos ocultos, sendo eles a alcalinidade, a quantidade e a qualidade dos sais dissolvidos, que alternam o funcionamento normal dos produtos. Esses inimigos começam a agir silenciosamente desde o momento em que os produtos são acrescentados à água, resultando em prejuízo ao produtor.

4.2 pH

O pH é uma medida de acidez ou de alcalinidade de uma solução em uma escala que vai de 0 a 14. O valor de pH vai depender da concentração relativa dos íons hidrogênio e hidroxilas que possui a solução. A presença de mais quantidade relativa de íons hidrogênio vai resultar em uma solução com reação ácida e, no caso de mais íons hidroxilas, o resultado será uma reação alcalina. Dessa maneira, uma solução com pH menor de que 7 é ácida, igual a 7 é neutra e maior que 7 alcalina. Essas leituras são obtidas através de pHgâmetro, papel tornassol e kits de reação.

O pH da água influencia a disponibilidade de íons em suspensão, capazes de reagir com o ingrediente ativo e interferir assim em sua estabilidade físico-química. Além disso, em pH muito ácido, pode ocorrer a degradação de alguns ingredientes ativos ou haver interferência nas propriedades físicas de algumas formulações (Tabela 8). Por outro lado, o pH elevado poderá promover a hidrólise alcalina, quebrando a molécula de alguns ingredientes ativos em compostos inativos. Por exemplo, uma cipermetrina dissolvida em água com pH 9,0 perde, em 2 horas, 55% do seu princípio ativo e, em 24 horas, 90%. Esse problema irá incrementar-se e será mais rápido quanto mais alta for a quantidade de minerais dissolvidos na água.

É preciso selecionar fontes de água limpa e sempre dar atenção ao uso de filtros, evitando a entrada de detritos durante o processo de abastecimento.

Tabela 8 - Controle de *Brachiaria plantaginea* com a utilização do herbicida sethoxydim com e sem correção do pH da calda e com adição de diferentes óleos

Tratamentos	pH da calda	Controle (% aos 30 D.A.A.)
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Assist	5,1	88 b
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Assist + Ácido	4,0	98 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Oppa	5,3	90 b
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Oppa + Ácido	4,0	97 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Natur'Óleo	5,3	92 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha ⁻¹) + Natur'Óleo + Ácido	4,0	96 a

Obs.: Água com pH original de 6,9, ajustado para 4,0 com adição de 22 mL de ácido muriático 100 L⁻¹ de calda. Sulfato de amônia e óleo mineral nas proporções de 2,0% v/v e 0,5% v/v, respectivamente. D.A.A. = dias após a aplicação. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Ruedell (1995).

4.3 Dureza da água

Nas águas duras, geralmente ocorrem íons e sais de cálcio, magnésio e outros, cuja presença afeta a eficiência dos defensivos, pois desestabilizam as formulações e se ligam às moléculas dos ingredientes ativos, formando compostos insolúveis e de pouca ou nenhuma atividade.

A dureza é informada com base na quantidade de sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água, sendo expressa em unidades equivalentes de carbonato de cálcio (CaCO₃). Embora existam diversas normas para avaliar essa característica (NBR 12621/92; ISSO 6059; EPA 130.2; ASTM 1126-02), não há um padrão único na classificação da dureza das águas. A Tabela 9 ilustra uma das graduações

mais utilizadas, cuja classificação é citada com frequência em publicações que descrevem o efeito de águas duras na eficiência de defensivos agrícolas.

Para determinar a dureza da água, é necessária a análise da dureza cálcica em laboratório.

Tabela 9 - Classificação de dureza da água, com base na concentração de carbonato de cálcio (CaCO₂)

Classificação	Escala Internacional (mmol L-1)	Escala Americana (ppm)	Escala Europeia (°dH)
Leve	< 1,6	< 160	< 9
Moderadamente dura	1,6 - 3,2	160 - 320	9 – 18
Dura	3,2 - 4,6	320 - 460	18 – 26
Muito dura	> 4,6	> 460	> 26

^{*} Equivalência entre as escalas: 1 mmol L-1 = 100 ppm = 5,6 °dH

Fonte: Nielsen Technical Trading (2007).

Alguns herbicidas podem diminuir sua eficiência quando aplicados com águas duras, tais como os pertencentes ao grupo químico dos bipiridilos (paraquat e diquat) e das ciclohexanodionas (cletodim, sethoxydim e outros), além dos produtos 2,4-D amina, bentazon, glufosinato de amônio e glyphosate (Tabela 10).

Tabela 10 - Poder desativador do glyphosate, em função do tipo de íon presente na água

Íons	Poder desativador do glyphosate
Ferro (Fe ⁺⁺⁺) e Alumínio (Al ⁺⁺⁺)	Muito severo
Cálcio (Ca ⁺⁺) e Zinco (Zn ⁺⁺)	Severo
Magnésio (Mg ⁺⁺)	Moderado
Potássio (K+)	Nenhum

Fonte: Marcão e Roncato Netto (2003).

Quando um produto à base de glyphosate é acrescentado a um tanque com água, vai se dissociar em seus componentes iônicos em equilíbrio com os outros íons. Conhecendo-se a dureza da água, pode-se calcular a porcentagem de glyphosate que será inativada por ação do cálcio, utilizando-se a seguinte fórmula:

% complexada =
$$\frac{\text{VaHa x Dureza Ca x 0,00047}}{\text{Dose de glyphosate}}$$

Em que:

VaHa - Volume da água em L ha-1;

Dureza Ca – Dureza da água baseada no cálcio, em ppm. Geralmente as análises de laboratório apresentam o resultado em ppm de $CaCO_3$, sendo necessária a transformação (ppm de $CaCO_3/2,5 = ppm$ de Ca);

Dose de Glyphosate = dose do produto, em ingrediente ativo (kg ha⁻¹).

4.4 Pureza da água

A presença de compostos orgânicos ou de argila em suspensão pode influenciar significativamente o desempenho de alguns ingredientes ativos (como os herbicidas diquat, paraquat e glyphosate), os quais podem ser parcialmente inativados com água em tais condições. Da mesma forma, se as plantas alvo estiverem cobertas com poeira ou calcário, o mesmo efeito pode ocorrer. Esse processo de inativação é agravado ainda mais se a calda permanecer no pulverizador por tempo superior a uma hora.

Além desse efeito, a presença de partículas pode provocar o entupimento de bicos e o seu desgaste prematuro quando essas partículas forem compostas de areia ou silte. É preciso selecionar fontes de água limpa e sempre dar atenção ao uso de filtros de linha, evitando a entrada de detritos durante o processo de abastecimento.

4.5 Poder Tampão da Água - alcalinidade

É a capacidade que a água apresenta de neutralizar ácidos a ela adicionados. Essa característica é importante em águas que atravessam rochas calcáreas. Nesse caso, os redutores de pH têm dificuldade de funcionamento e é preciso utilizar produtos que atuem sobre os agentes tamponantes presentes na água. Na Tabela 11, é apresentado um pequeno guia prático para solução de problemas relativos à qualidade da água nas aplicações de defensivos agrícolas.

5 Considerações sobre a deriva

Deriva é o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado para aplicação. A área afetada pode ser outra cultura, um jardim ou qualquer outra vegetação dentro da faixa de aplicação do defensivo. Na maioria dos casos, esse movimento é limitado às extremidades da área ou próximo a ela. Porém, sob determinadas condições, o deslocamento do produto para fora do alvo pode afetar áreas mais distantes. Os problemas acontecem quando esse movimento afeta uma cultura sensível ou a propriedade de outra pessoa.

Tabela 11 - Guia prático de solução de problemas relativos à qualidade da água nas aplicações de defensivos agrícolas

Item	Problema	Solução
Água suja	Inativação de produtosEntupimento de bicosDesgaste prematuro	 Mudar a fonte Usar peneiras Atenção aos filtros Aplicar a calda imediatamente Usar doses maiores

Água dura	- Inativação de formulados salinos (Ex.: 2,4-D amina, clethodim, glyphosate, setoxydim)	 - Mudar a fonte - Usar 2,4-D éster e adicionar surfactante não iônico - Utilizar sequestrante de cátions - Usar doses maiores - Usar sulfato de amônia com glifosate (3,0 kg 100 L⁻¹) - Aplicar imediatamente após o preparo - Reduzir o volume de água ao mínimo
pH > 7,0	- Hidrólise alcalina	- Usar redutor de pH - Aplicar imediatamente
pH 6,1 - 7,0	- Inativação do ingrediente ativo (Ex.: sulfonilureias)	- Aplicar até 1 a 2 horas após o preparo da calda
pH 3,5 - 6,0	- Inativação do ingrediente ativo	- Aplicar até 12 horas após o preparo da calda

Fonte: Guarido (2005).

5.1 Tipos de deriva

Deriva é frequentemente associada com o movimento físico das gotas pulverizadas para fora do local designado na hora de aplicação. Esse tipo de deriva, comumente chamada de deriva aerotransportada, é o resultado de fatores associados aos métodos de aplicação e ao equipamento. Deriva aerotransportada simplesmente pode ser um deslocamento da névoa pulverizada a distâncias não superiores a 10 metros do ponto de produção das gotas. As gotas menores, entretanto, podem ser deslocadas a milhares de metros e depositadas em locais não desejados. As gotas menores podem evaporar na atmosfera e deslocar-se a grandes distâncias. As gotas evaporadas normalmente não causam problemas significantes porque são dispersas em cima de grandes áreas. A deriva aerotransportada pode ser reduzida com um julgamento correto e a adequada seleção e operação do equipamento de aplicação.

A deriva, às vezes, acontece até mesmo dias depois que a aplicação foi feita. Esse tipo de deriva, normalmente chamada de deriva de vapor, é comumente associado à volatilização (mudança do estado líquido para gasoso) do defensivo com movimento subsequente para fora da área designada. A deriva de vapor só se torna uma preocupação significante se o produto aplicado for altamente volátil e as condições atmosféricas se tornarem favoráveis à vaporização rápida do defensivo.

Embora possamos determinar onde acontece e qual sua causa, a deriva é indesejável, pois pode resultar em:

- a) uso ineficiente de equipamento de aplicação e do tempo do operador;
- b) subdosagem do produto e, consequentemente, controle ineficaz do problema fitossanitário que conduzem a aplicações adicionais, baixo rendimento e custos de produção mais altos;
- c) necessidade de aumento da dosagem do produto para compensar a perda por deriva e assegurar o nível de controle desejado;
- d) perdas financeiras com ações na justiça por danos a culturas sensíveis adjacentes;
- e) contaminação não intencional de comestíveis por resíduos do defensivo que podem resultar em destruição obrigatória da colheita;
- f) poluição de ar e de recursos de água;
- g) problemas para saúde e segurança do ser humano e de populações de gado e outras criações.

5.2 Fatores que afetam a deriva

A deriva é influenciada por muitos fatores que normalmente podem ser agrupados em quatro categorias:

- 1. características da pulverização;
- 2. equipamento e técnicas de aplicação usadas;
- 3. clima;
- 4. cuidados na operação e na habilidade do operador.

A seguir, apresenta-se uma discussão geral desses fatores que têm um papel primário na produção da deriva.

Tamanho da gota

O tamanho da gota produzida é, sem dúvida, o fator mais importante que afeta a deriva. Os diâmetros das gotas são medidos em micrômetros (μ m). Um micrômetro é 1/1.000 do milímetro e normalmente é chamado um mícron. Para referência, a espessura de um cabelo humano ou uma folha de papel é aproximadamente 75 μ m. Em geral, quanto menor o diâmetro da gota, maior tempo de permanência no ar e maior probabilidade de ser transportada pelo vento.

A pesquisa mostra que há uma diminuição rápida no potencial de deriva para gotas de diâmetros maiores que 150 μ m ou 200 μ m. O potencial de deriva para determinados diâmetros de gota é insignificante, dependendo da velocidade do vento, mas é problemático quando se considera a faixa de 150 μ m a 200 μ m e velocidades de vento entre 2 km h⁻¹ e 15 km h⁻¹ (BODE, 1984). Gotas menores podem ser deriváveis por longas distâncias devido a seu baixo peso.

Tipo e tamanho do bico

A maioria dos pulverizadores agrícolas atuais usa bicos hidráulicos para atomizar o líquido em gotas. Bicos hidráulicos produzem um amplo espectro de tamanhos de gotas que variam de $10~\mu m$ a $1.000~\mu m$. A deriva pode ser minimizada com o uso de bicos que produzam gotas relativamente grandes, mas que ainda permitam uma boa penetração e cobertura do alvo.

Por exemplo, ponta defletora ou cone cheio de grande abertura angular produzem poucas gotas propensas à deriva quando comparadas às pontas de cone vazio e jato leque convencional. Os primeiros, entretanto, não permitem bom controle quando aplicam herbicidas de contato, inseticidas e fungicidas. É provável que se continue usando outras pontas para aplicação desses tipos de produtos, embora elas aumentem o risco de deriva. Felizmente, fabricantes de pontas de pulverização desenvolveram uma família nova de 'pontas de baixa deriva' que são capazes de produzir gotas relativamente grandes com uma cobertura de pulverização adequada.

Quando o tamanho do orifício da ponta aumenta, em geral, o tamanho da gota também aumenta, enquanto o percentual de volume com gotas pequenas diminui; contudo têm-se preferido bicos de menor capacidade de vazão, pois eles requerem menor volume de calda por área.

Orientação do bico

A orientação do bico não é crítica para aplicações no solo (barra), mas extremamente importante para redução de deriva em aplicações aéreas. Quando um bico estiver para trás, no sentido contrário ao movimento do trator, são produzidas gotas maiores. O mesmo bico produz gotas médias quando apontado para baixo, e gotas finas quando apontado para o sentido do deslocamento.

Altura da pulverização

Gotas menores têm baixa energia inercial, tornando-se altamente susceptíveis à deriva. Além disso, a velocidade do vento é normalmente maior, quanto maior for a altura do solo. Então, quanto mais próximos do solo estiverem os bicos, menor probabilidade de ocorrer deriva; porém, abaixando-se a barra sem fazer ajustes nos espaçamentos dos bicos, pode-se produzir uma faixa de pulverização irregular, com faixas sem tratamento, principalmente se forem usadas pontas de jato leque. Esse problema pode ser reduzido usando-se uma ponta de maior ângulo; todavia pontas de ângulos maiores produzem gotas menores que as gotas produzidas por pontas de ângulos menores, quando do mesmo tipo e operando à mesma pressão e taxa de fluxo.

Pressão de pulverização

A pressão de pulverização exercida sobre o bico hidráulico fornece energia para quebrar o fluxo do líquido em gotas, sendo um fator fundamental para regular o tamanho da gota pulverizada. Em geral, maiores pressões produzem gotas menores. Um estudo com um bico demonstrou que o aumento da pressão de 20 PSI para 40 PSI mais que dobrou o volume de gotas menores que 100 μm. Reduzindo a pressão, a deriva será reduzida, pois gotas maiores serão formadas, mas quando operamos um bico abaixo da pressão recomendada, a cobertura efetiva será afetada, resultando em uma sobreposição inadequada e uma má distribuição ao longo da barra. A faixa de pressão indicada para uma ponta de jato plano convencional é de aproximadamente 30 PSI a 50 PSI (de 2 a 3,5 bar). Recentemente, porém, os fabricantes de bicos de pulverização introduziram pontas que podem ser usadas a pressões de 15 PSI (1bar), com pequena redução na qualidade da distribuição.

Formulação química

Uma pulverização mais grossa pode ser alcançada aumentando a viscosidade da calda de pulverização. Resultados de aumento de viscosidade do líquido com o objetivo de reduzir as gotas mais finas, propensas a deslocamentos pelo vento, podem ser obtidos. Muitos aditivos podem ser acrescentados a uma mistura de tanque para aumentar sua viscosidade.

Existem muitas 'substâncias químicas de redução de deriva' comercialmente disponíveis para os agricultores. Esses produtos normalmente são algum tipo de polímero de cadeia longa ou goma que aumentam a viscosidade da calda a ser pulverizada. Infelizmente, a informação relacionada ao desempenho de tais produtos está limitada.

Pesquisadores no Estado de Ohio (EUA) testaram cinco substâncias químicas de adjuvantes para verificar seus efeitos no tamanho das gotas, na distribuição da pulverização e na redução da deriva. Eles pesquisaram a redução do volume de pulverização contido nas gotas pequenas para caldas que contêm água, comparando a mistura água + redutores de deriva. Em comparação à calda somente com água, todos os redutores de deriva testados reduziram o volume e o percentual de gotas mais finas, porém com intensidades variadas. Por exemplo, a redução de volume de gotas menores que $100~\mu m$ variaram de 30% com o produto menos efetivo, para 68% com o produto mais efetivo.

Alguns estudos identificaram que determinados polímeros tendem a ser alterados quando atravessam uma bomba de pulverizador, como acontece com os sistemas By Pass dos pulverizadores (equipados com bomba de deslocamento positivo), em que o sistema de agitação funciona frequentemente. Isso significa que os redutores de deriva perderiam sua habilidade em aumentar o diâmetro das gotas e, com isso, reduzir o potencial de deriva, quando os tanques esvaziassem. Gomas não são tão facilmente alteradas quanto os polímeros de cadeia longa, e alguns tipos de polímeros (óxido de poli-ethileno) são alterados em menos passagens por uma bomba que outros tipos de polímeros (poliacrilamidas).

Embora substâncias químicas de redução de deriva sejam efetivas ao reduzir o número de gotas propensas ao deslocamento, na maioria dos casos, o mais efetivo é selecionar o tamanho e o tipo de

bico a ser usado e operar pulverizadores a baixas pressões. Dessa forma, produz-se o tamanho de gota desejado em lugar de tentar aumentar o tamanho da gota com essas substâncias químicas de redução de deriva.

Evaporação

Como carregadores de água, as gotas se tornam menores à medida que caem por causa da evaporação. Para aplicações com pulverizadores de barra, gotas iguais ou menores que 50 μ m evaporarão completamente antes de alcançarem o objetivo, permitindo que o produto puro se disperse. Gotas maiores que 200 μ m não terão nenhuma redução significativa em tamanho antes de alcançar o alvo. A evaporação das gotas entre 50 e 200 μ m é significativamente afetada pela temperatura, pela umidade e por outras condições do tempo. Além disso, algumas formulações de defensivos são mais voláteis que outras.

O tempo pode influenciar o movimento do produto para fora do alvo. Vários fatores associados ao microclima no local de aplicação podem contribuir para o aumento ou a diminuição da deriva. Esses fatores incluem: a) vento (velocidade e direção); b) umidade relativa e temperatura do ar; c) estabilidade atmosférica e inversões. Os impactos que os fatores climáticos têm sobre a deriva se relacionam às gotas de diâmetro inferiores a $150~\mu m$. Se as gotas menores são eliminadas, o efeito do clima sobre a deriva é consideravelmente reduzido.

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. A velocidade do vento normalmente é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior a velocidade de vento, maior distância para fora do alvo uma gota de um determinado tamanho será levada. Quanto maior a gota, menos afetada pelo vento será e mais rápido cairá. Porém ventos mais fortes podem desviar gotas maiores para fora do alvo. Assim sendo, a pulverização deve ser interrompida se a velocidade do vento for excessivamente alta.

A direção do vento é tão importante quanto a velocidade na redução do dano causado pela deriva. A presença de vegetação sensível próximo ao local de pulverização, particularmente na direção do vento (downwind), é um dos primeiros fatores a ser avaliado, mas é frequentemente negligenciada ao se iniciar uma pulverização. Deve-se verificar a direção do vento, se este se direciona às culturas sensíveis, e estar alerta às mudanças na direção de vento durante a aplicação. Se há culturas sensíveis próximas, deixar uma faixa de segurança sem aplicar de, pelo menos, 30 metros ou a que o rótulo recomendar. Pulverizar mais tarde quando as condições melhorarem.

Umidade e temperatura

Umidade relativa e temperatura atuam juntas, afetando a deriva. Mesmo não sendo fatores tão críticos quanto a velocidade dos ventos, elas têm uma forte influência em algumas regiões geográficas ou sob determinadas condições climáticas. Assim como uma partícula cai no ar, a superfície das moléculas de água evaporam na atmosfera. Essa evaporação reduz o tamanho e a massa da partícula, permitindo que permaneça mais tempo no ar e, sob certas condições, desloquese para mais longe do local de aplicação. A velocidade com que a água evapora das partículas pulverizadas depende, principalmente, da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente.

Uma gota de $100~\mu m$ requer pouco mais de 5 segundos para cair 1,5 m em queda livre, se nenhuma evaporação acontecer. Porém, sob ar relativamente seco e morno (por exemplo, 30% de umidade relativa e $26~^{\circ}$ C), a mesma gota de $100~\mu m$ perde água depressa por evaporação e seu diâmetro se reduz à metade do original (um oitavo de seu volume original) enquanto cai só 0,8 m. As perdas por evaporação ocorrem sob a maioria das condições atmosféricas, mas são menos

pronunciadas sob as condições ambientais que acontecem nas horas mais frescas do dia – início da manhã e fim de tarde. A umidade relativa é normalmente mais alta durante os períodos frescos.

A temperatura influencia a deriva de outras maneiras, além de seu efeito na perda por evaporação das gotas. A volatilidade do produto aumenta com o acréscimo da temperatura. Temperatura também influencia na turbulência do ar atmosférico, na estabilidade e nas inversões – que afetam a deriva.

Estabilidade atmosférica

Estabilidade atmosférica é um importante fator que influencia a presença da deriva. Sob condições meteorológicas normais, as temperaturas do ar diminuem em torno de 0,6 °C para cada 100 m de altitude. Ar mais fresco tende a descer, deslocando o ar mais morno para baixo, produzindo uma mistura no sentido vertical. Enquanto a camada de ar mais quente sobe, as gotas suspensas também sobem e se dissipam nas camadas superiores pela natural turbulência vertical. Sob essas condições, a possibilidade de dano às culturas por deslocamento é pequena, pois o defensivo é espalhado e diluído na atmosfera.

Outros problemas podem surgir quando a atmosfera for muito estável. Sob condições estáveis, uma camada de ar morna pode se formar, segurando o ar mais frio abaixo. Esse fenômeno é normalmente chamado de inversão atmosférica ou inversão térmica. As partículas suspensas na camada fresca não podem se mover a não ser lateralmente, talvez por vários quilômetros. Eventualmente, a nuvem suspensa pode encontrar vento para baixo, deslocando-se para uma cultura sensível. Inversões são parte de um ciclo atmosférico diário, ocorre no início da manhã quando o solo esfria o ar imediatamente acima dele. Inversões tendem a se dissipar durante o meio do dia, quando as correntes se misturam às camadas de ar. Os operadores, sabendo disso, deveriam esperar até o fim da tarde ou o início da noite para pulverizar, quando as condições são mais favoráveis e há menos chance de ocorrer inversão atmosférica.

Novamente, o melhor modo para evitar deriva associada às inversões atmosféricas é eliminar a formação de partículas pequenas (150 μ m ou menor) na pulverização produzida. Se essas partículas não foram emitidas pela pulverização, o fenômeno relatado pode ser ignorado.

Habilidade e cuidados do operador

Sob determinadas situações de pulverização, qualquer um dos fatores anteriormente citados pode ser o mais crítico na redução da deriva. No final das contas, é o aplicador que determina o fator crítico e toma as devidas precauções para evitá-lo. Exercitando o bom senso, na escolha do equipamento e dos fatores climáticos para cada aplicação, na maioria dos casos, os operadores podem minimizar o potencial de deriva.

6 Estratégias para redução da deriva

Os operadores conscienciosos e experientes raramente entram em sérias dificuldades com danos causados por deriva, porque eles compreendem a deriva e adotam medidas para evitá-la. Algumas estratégias para redução da deriva, nas diferentes situações de pulverização, podem aqui ser relacionadas:

Pulverizadores de Barra

a) Sempre que possível, utilizar bicos que produzam gotas maiores, desde que a eficiência biológica seja mantida;

- b) Manter a barra o mais próximo possível do alvo;
- c) Usar maior volume de calda e utilizar bicos de maior orifício;
- d) Usar a pressão de operação mais baixa possível e conferir a precisão desta medida;
- e) Usar redutores químicos de deriva caso não seja possível controlá-la com a seleção do bico;
- f) Seguir recomendações do rótulo para evitar a deriva dos defensivos mais voláteis;
- g) Evitar pulverizar em dias extremamente quentes e secos, especialmente se for próximo a vegetações sensíveis;
- h) Não pulverizar quando as condições forem favoráveis a uma inversão atmosférica;
- i) Embora a intensidade da deriva seja uma função de muitos outros fatores como tamanho das gotas, umidade relativa, temperatura e altura da barra, é melhor não pulverizar quando as velocidades do vento forem maiores que 8,0 km h⁻¹;
- j) Evitar pulverizar próximo a áreas sensíveis localizadas na direção do vento. Deixar uma faixa de segurança de 30 metros de largura e pulverizar mais tarde quando o vento reduzir;
- k) Ter a certeza de manter bons registros (velocidade de vento e direção, temperatura, umidade relativa etc.) e avaliar os resultados da pulverização;
- Novas exigências dos rótulos podem usar um modelo de deriva para dimensionar a largura da faixa de segurança a ser adotada. Usar menores velocidades de trabalho (e menor altura da barra) e usar bicos que produzam as maiores gotas possíveis próximo a áreas sensíveis. Isso reduzirá a largura da faixa de segurança. Entretanto, se a distância da área sensível aumenta, os bicos podem ser mudados para produzir gotas menores, se desejado, a altura da barra pode ser elevada e a velocidade pode ser aumentada;
- m) Selecionar o momento em que a deriva tende a ser menor para pulverizar os locais mais próximos a áreas sensíveis;
- n) Alguns rótulos de defensivos agrícolas já informam quais os espectros de tamanho de gotas mais adequados para utilização. Cuidadosamente conferir o rótulo para determinar a classe de tamanho de gotas ideal e escolher o bico certo para produzir a pulverização.

Pulverizações em pomares e vinhedos

Muitos dos princípios utilizados para reduzir a deriva nos pulverizadores de barra se aplicam aos turbopulverizadores. Com os turbopulverizadores, deve-se lembrar que as gotas são produzidas a uma altura em que a cortina de ar não mais controla a trajetória das gotas e o vento começa a desviar do alvo,em alguns casos, para vários metros acima da copa das árvores. Algumas das práticas para reduzir a deriva são as seguintes:

- a) desligar o pulverizador quando não há nenhuma árvore presente;
- b) manter o pulverizador o mais perto possível do alvo;
- c) reduzir o percentual de gotas menores; porém lembrar que o objetivo de pulverizar é controlar pragas. Gotas maiores podem n\u00e3o fornecer o controle desejado, sem aumentar a taxa de aplica\u00e7\u00e3o;
- d) regular o ar da turbina (volume e direção) e os bicos para a pulverização das árvores;
- e) usar técnicas especiais próximo às áreas sensíveis, especialmente para as últimas ruas pulverizadas,a saber: usar gotas maiores; usar técnicas para dirigir melhor a pulverização ao alvo, como pistolas manuais; pulverizar as últimas ruas somente contra o vento; aguardar os momentos de menor vento; usar medidas especiais ou equipamentos para criar barreiras (pulverizador de túnel de vento etc.).

Aplicação aérea

Em muitos casos, experimentos têm mostrado que a pulverização aérea, seja por aviões ou por helicópteros, produz mais deriva que outros métodos de aplicação. Isso é causado pela elevada velocidade de trabalho, os vórtices de ponta-de-asa que tendem a transportar as gotas para acima das asas e a altura de aplicação. Há somente poucas opções disponíveis para reduzir a deriva quando da pulverização por aeronaves. A mais simples e efetiva estratégia para reduzir a deriva, nesses casos, é ter operadores que sejam treinados adequadamente para tomar boas decisões de quando pulverizar e quando parar a pulverização. Eis aqui outras recomendações:

- a) reduzir ao máximo possível a altura de aplicação sem comprometer a segurança;
- b) usar cuidadosamente o deslocamento lateral da pulverização, calcular o quanto distante o vento poderá carregar a faixa de deposição principal e planejar suas faixas de aplicação para possibilitar esses ajustes;
- c) usar instrumentos de posicionamento global no avião para auxiliar na certeza de que está pulverizando a área correta e na seleção das faixas corretas;
- d) escolher o maior tamanho de gota que produzirá o efeito biológico desejado;
- e) colocar os bicos para trás (em direção à cauda da aeronave) para reduzir a formação de gotas pequenas.

7 Pulverização ou geração de gotas

7.1 Processos de geração de gotas

Todos os pulverizadores têm três pontos em comum: a) armazenam o líquido em um recipiente ou 'tanque'; b) apresentam um sistema de alimentação por gravidade ou bombas de pressão; c) necessitam de pontas de pulverização. A ponta, comumente chamada de bico de pulverização, é, estritamente, o final de um conduto pelo qual o líquido emerge na forma de jato. Neste capítulo em particular, o termo bico é usado com um sentido mais amplo e pode ser qualquer dispositivo pelo qual o líquido é emitido, quebrado em gotas e dispersado a determinada distância.

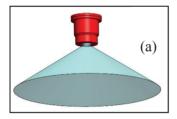
O propósito geral da pulverização é aumentar a área de superfície de uma massa líquida para facilitar a ação de determinados processos físicos ou químicos. Na agricultura, o processo pode ser o de dispersar um volume de líquido em um determinado volume de ar muito maior, ou de dispersar o volume em uma grande área, de maneira que a área de superfície expandida do líquido seja transferida para a outra área.

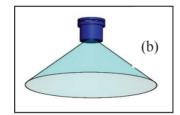
A pulverização ou a quebra do líquido em gotas é, primeiramente, uma função da aplicação de uma força maior que a força de tensão superficial do líquido, para criar uma superfície extremamente expandida na forma de gotas. Esse fenômeno demanda energia, e o dispositivo usado para quebra do líquido – a ponta – tem, na maioria dos casos, sua potência fornecida por máquinas. As pontas de pulverização têm sido classificadas, de acordo com a fonte de energia para produção de gotas, em a) bicos de energia centrífuga ou bicos centrífugos, b) bicos de energia gasosa ou bicos pneumáticos, c) bicos de energia elétrica ou bicos eletrohidrodinâmicos e d) bicos de energia hidráulica ou bicos hidráulicos. Como a quase totalidade das aplicações em hortaliças são realizadas com a utilização dos bicos hidráulicos, daremos ênfase a eles.

7.2 Bicos hidráulicos

Todo sistema de pulverização hidráulico completa o processo nas pontas (bicos) de pulverização. Eles são o órgão final que tem por função formar as gotas e distribuí-las de forma adequada. Habitualmente o termo 'bico de pulverização' é utilizado como sinônimo de 'ponta de pulverização'. Esses termos, entretanto, correspondem a estruturas diferentes. O bico é composto por todo o conjunto com suas estruturas de fixação na barra (corpo, peneira, ponta e capa), enquanto que ponta corresponde ao componente do bico responsável pela formação das gotas.

Os bicos hidráulicos extraem a energia para a pulverização da pressão a que o líquido é submetido e, atualmente, são os mais utilizados no mundo para aplicação de defensivos agrícolas. Uma bomba hidráulica ou tanques pressurizados são utilizados para suprir a energia necessária para a pulverização. Os bicos hidráulicos podem ser subdivididos em grupos, que basicamente descrevem as características do jato emitido e, assim sendo, existem bicos de jato cônico-cheio, bicos de jato cônico-vazio e bicos de jato em leque (Figura 12).





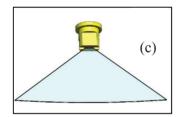


Figura 12 - Jatos cone cheio (a), cone vazio (b) e leque (c).

Fonte: Magmojet (2018).

Um bico cone é constituído de diferentes peças, conforme apresentado na Figura 13.

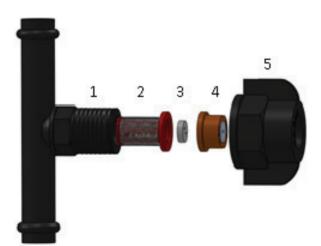


Figura 13 - Constituição do bico cone: 1- corpo, 2- filtro, 3 - núcleo, 4 - disco, 5 - capa. Fonte: Magnojet (2018).

O bico de jato cônico possui um dispositivo interno com uma ou mais aberturas, o qual, em inglês, é denominado de *core* e, em português, recebe uma série de outras denominações, como caracol, difusor ou núcleo. Esse dispositivo tem como finalidade promover uma rotação do líquido em uma pequena câmara antes do orifício de saída. A rotação do líquido faz que ele

saia tangenciando a borda circular do orifício, na forma de uma fina lâmina em formato cônico que, com a expansão, se rompe em gotas. Em muitos casos, dependendo da pressão exercida e do diâmetro do orifício de saída, a lâmina não se forma, e o jato de gotas já emerge diretamente da ponta do bico.

Existem basicamente dois modelos de bicos cônicos de constituição interna diferenciada. No primeiro modelo, o bico possui um componente interno denominado difusor, que, com uma ou mais aberturas, tem por finalidade promover a rotação do líquido dentro de uma pequena câmara. A saída do líquido se dá através de um único orifício localizado na extremidade do bico denominado disco. O conjunto dessas duas peças forma um jato cônico que, conforme a combinação do diâmetro do furo e a quantidade dessas aberturas do difusor, juntamente com os diferentes diâmetros do orifício do disco vão determinar a vazão do bico e se o jato cônico é vazio ou chejo.

Em um segundo modelo, a variação da vazão se dá através do diâmetro do orifício de saída e dos canais laterais do disco. Neste modelo, quando o difusor for uma peça sólida, o cone será vazio e, quando o difusor tiver um furo central, o cone passará a ser cheio.

Nos bicos de jato em leque, que são amplamente utilizados na aplicação de herbicidas ou pulverização em superfícies planas, o líquido é forçado a passar por um orifício de forma elíptica ou retangular. Esses bicos trabalham geralmente com pressões inferiores em relação aos cônicos e existem opções para se trabalhar em uma ampla gama de vazões e ângulos de pulverização (Figura 14).

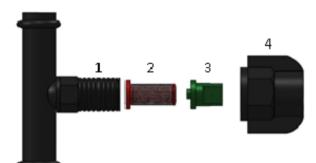


Figura 14 - Tipo de bico leque, em que o jato é originário de um orifício elíptico da ponta. Os algarismos indicam: 1 - corpo, 2- filtro, 3 - ponta, 4 - capa.

Fonte: Magnojet (2018).

Como a maioria dos herbicidas, em épocas anteriores, era aplicada à superfície do solo, ficou arraigada a crença de que bico leque é bico para se aplicar herbicidas. Entretanto o bico leque é indicado também para aplicar inseticidas e fungicidas, pois a escolha do bico é em função do alvo. Deve ser considerado que, no bico cônico, o líquido desperdiça energia quando efetua a rotação antes de sair pela ponta e, por isso, o jato não tem velocidade suficiente para penetrar nas regiões inferiores das plantas. Nesse caso, quando o alvo se situa na região mediana e inferior das plantas, um bico leque de ângulo de jato mais estreito poderá oferecer maiores vantagens de penetração que o bico cone, porque seu jato atinge maior velocidade, gerando turbulências desejáveis para melhorar a deposição.

Em outro tipo de bico de jato em leque, o líquido, ao emergir de um orifício, choca-se com uma superfície plana e oblíqua, originando também um jato em forma de leque (Figura 15). Esse bico chamado comumente de bico defletor trabalha com pressões menores (padrão de 10 lbf pol-2) que aquele anteriormente descrito e se caracteriza por produzir gotas relativamente grandes, menos propensas à deriva. Por possuírem ângulo bastante aberto, são aptos a trabalhar muito próximo ao alvo (solo) e, por isso mesmo, preferidos para equipar barras cobertas para aplicar herbicidas sob a saia de árvores e arbustos (pomares, cafezais). Entretanto, se estiverem sendo utilizados a pressões

muito superiores às recomendadas, os bicos de impacto geram muitas gotas pequenas, sujeitas à deriva, com exceção dos bicos com indução de ar.

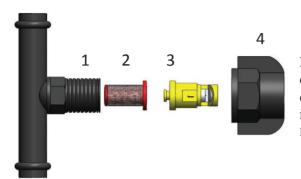


Figura 15 - Tipo de bico leque de impacto, em que o jato é formado por uma ponta em que o líquido colide com uma superfície plana. Os algarismos indicam: 1 - corpo, 2- filtro, 3 - ponta, 4 - capa. Fonte: Magnojet (2018).

Foi introduzido no Brasil um tipo de bico leque com indução de ar (Figura 17), que, segundo os fabricantes, consegue introduzir pequenas bolhas de ar nas gotas. As gotas produzidas por esse tipo de bico são muito grandes e, portanto, adequadas à aplicação de produtos para redução de deriva. É um tipo de bico adequado à aplicação de herbicidas e fungicidas sistêmicos.

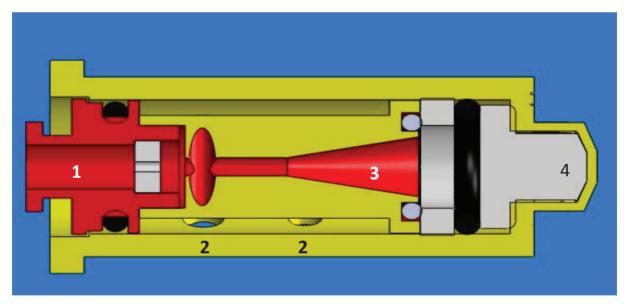


Figura 16 - Bico leque com indução de ar. Os algarismos indicam: 1 - entrada do líquido, 2 - entradas de ar, 3 - câmara de mistura ar/líquido, 4 - ponta.

Fonte: Magnojet (2018).

As pontas hidráulicas de pulverização para a agricultura têm três funções muito importantes, e suas relações são:

- a) vazão: em função do tamanho do orifício, características do líquido e pressão;
- b) distribuição: em função do modelo da ponta, característica do líquido e pressão;
- c) tamanho das gotas: em função do modelo da ponta, características do líquido e pressão.

Observe que todas as funções das pontas de pulverização dependem da pressão, que é a fonte de energia (energia potencial) para a formação das gotas. Como se está trabalhando com pressão neste estudo, é bom lembrar que a unidade padrão de pressão, usada internacionalmente, é o 'bar', porém a unidade mais corrente é a 'libra' que, a rigor, deve ser 'lbf pol-2'. Veja, a seguir, outras unidades e as relações entre elas:

- a) 1 bar = 14,56 lbf pol⁻² ou psi (pound per square inch);
- b) $1 \text{ kgf cm}^{-2} = 14,22 \text{ psi};$
- c) 1 bar = 100 kPa.

De acordo com as normas internacionais, as pontas de pulverização devem estar codificadas, obedecendo a um padrão internacional na sua nomenclatura e nos formatos.

Pela norma ISO 10.625, as pontas de pulverização devem ter tamanho definido de flange e dimensões para poderem ser usadas em qualquer tipo de sistema de fixação nos bicos (porca ou engate rápido). A norma ISO 10.626 padronizou a cor em função da vazão. As medições de vazão pela norma ISO devem ser a 3 bar e deve ser especificado o ângulo de projeção na nomenclatura das pontas.

Como existe um padrão americano adotado ao longo do tempo de uso, hoje temos, no mercado, duas formas comuns de relacionar a vazão e as cores que seguem na Tabela 12. O ângulo deve vir grafado no próprio corpo da ponta e pode ser determinado em outra pressão, mas as pressões devem ser especificadas em catálogos em manuais técnicos da ponta.

Assim, pode-se ter, no padrão americano (uso corrente), a ponta leque 110.02, em que 110° representa o ângulo que essa ponta deve abrir a 40 psi (2,8 bar) e 0,2 a vazão em galões americanos/minuto (Figura 17). Alguns fabricantes adotam outras informações junto à nomenclatura padrão, como material de fabricação, vazão em L min⁻¹ etc.

Tabela 12 - Código de cores e seu significado comparativo entre os padrões usados

Cor da ponta	Sistema Internacional Vazão a 3 bar em L min ⁻¹	Sistema Americano Vazão a 40 psi em gal min ⁻¹ (L min ⁻¹)
Laranja	0,39	0,1 (0,38)
Verde	0,59	0,15 (0,57)
Amarela	0,79	0,2 (0,76)
Azu1	1,18	0,3 (1,14)
Vermelha	1,58	0,4 (1,51)
Marrom	1,97	0,5 (1,89)
Cinza	2,37	0,6 (2,27)
Branca	3,16	0,8 (3,03)

Fonte: Ramos e Pio (2003); Matuo et al. (2000).

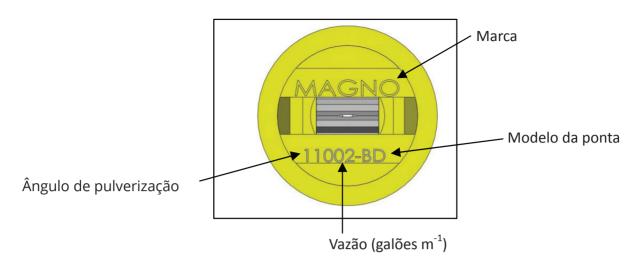


Figura 17 - Identificação de uma ponta de pulverização.

Fonte: Magnojet (2018).

Os materiais mais utilizados para a fabricação das pontas de pulverização são latão, polímero, aço inoxidável, aço inoxidável endurecido e cerâmica. Esses materiais conferem diferentes resistências às pontas. Existem vários modelos de pontas disponíveis no mercado, sendo que cada uma produz um espectro de tamanho de gotas diferente, bem como larguras e padrões diferentes de deposição. Portanto é muito importante saber escolher a ponta mais adequada ao trabalho a ser realizado.

Cada modelo de ponta de pulverização apresenta algumas características peculiares que os diferencia. No entanto, todos apresentam uma faixa ideal de pressão de trabalho e estão disponíveis com aberturas de diferentes tamanhos. O tipo e o tamanho mais adequados são selecionados em função do produto fitossanitário que se deseja aplicar, da superfície a ser tratada e do volume de calda necessária.

7.3 Estudo da vazão das pontas

A vazão de uma ponta de pulverização ocorre de acordo com o tamanho do orifício de saída, com as características do líquido utilizado na pulverização, como densidade e viscosidade, e com a pressão de trabalho. Para cada um desses fatores, é possível utilizar fórmulas e tabelas de correção, a fim de determinar a vazão correta. As duas variáveis mais importantes em relação à variação da vazão são a pressão e a densidade do líquido.

A variação da vazão, para a maioria das pontas leques e diversas outras pontas, pode ser expressa pela fórmula:

$$\frac{V_1}{\sqrt{P_1}} = \frac{V_2}{\sqrt{P_2}}$$

em que:

 $\rm V_1=$ vazão da ponta na pressão 1; $\rm V_2=$ vazão da ponta na pressão 2; $\rm P_1=$ pressão 1; $\rm P_2=$ pressão 2.

Assim, para dobrar a vazão de determinada ponta, tem-se que quadruplicar a pressão de trabalho. Isso pode ser observado verificando as tabelas de vazão das pontas leques que trabalham com pressões entre 1 e 4 bar. A pressão, as características físicas do líquido (tensão superficial, densidade, viscosidade), o modelo da ponta (projeto) e as condições do ar ambiente influem no

desenvolvimento da lâmina líquida. Nesse processo, são determinados o tamanho das gotas e a sua forma de distribuição.

Quanto à forma do jato e sua distribuição, os bicos hidráulicos dividem-se, de uma forma geral, em bicos de jato plano e bicos de jato cone. Os fabricantes de bicos possuem, em seus catálogos, uma infinidade de modelos de pontas, com as mais variadas vazões, tamanhos de gotas e aplicações, com diferentes denominações e formatos de spray. Porém, de uma forma geral, podemos agrupar as diferentes séries de pontas, de acordo com suas características comuns:

- a) Pontas de jato plano (leque) comum: são bicos de construção simples, para uso geral. São pontas de baixo custo e o espectro de gotas pode ser bastante desuniforme, dependendo da pressão utilizada;
- b) Pontas de jato plano (leque) de uso ampliado: disponíveis no mercado a partir de 1986, são pontas que apresentam maior variabilidade de tamanho de gota em função da variação de pressão (de 15 a 60 lbf pol⁻²), sem alterar significativamente o ângulo e o espectro de gotas. Quando são necessárias gotas menores (maior número de gotas por área), pode-se trabalhar com pressões maiores; se a necessidade for gotas maiores, utilizam-se as menores pressões. De maneira geral, pressões acima de 40 lbf pol⁻² causam um maior desgaste das pontas;
- c) Pontas de jato plano (leque) de baixa deriva: são pontas com perfil de gotas grandes, visando diminuir o risco de deriva. Possuem uma ou até duas câmaras internas, que absorvem a energia do fluxo de calda, reduzindo a velocidade e a pressão antes do orifício de saída, aumentando, em consequência, o tamanho das gotas. Operam em uma ampla variação de pressão (de 15 a 90 lbf pol⁻²), sem alterar as características da pulverização;
- d) Pontas de jato plano (leque) duplo: cada ponta de jato plano duplo é formada por duas pontas de jato simples. Normalmente apresentam perfil de gotas mais finas do que as pontas de vazão equivalente de jato simples, o que pode gerar maior perda por deriva. Os novos modelos já são dotados de mecanismos redutores de pressão e até mesmo entradas de ar, proporcionando a produção de gotas maiores;
- e) **Pontas de jato plano (leque) de grande ângulo:** são pontas que possuem padrão de pulverização plana de ângulo grande e borda afilada para cobertura uniforme em pulverização em área total. Trabalham com faixas de pressão mais amplas (de 1 a 6 bar), proporcionando maior flexibilidade nas aplicações, produzindo gotas maiores, para minimizar o problema da deriva;
- f) Pontas de jato plano (leque) de impacto: são pontas que combinam a produção de gotas grandes, a possibilidade de aplicação de volumes maiores e a resistência ao entupimento. Algumas apresentam pré-orifício, câmara de turbulência e indução de ar, o que confere melhor distribuição da vazão ao longo do jato de aspersão. Para essas pontas, há a necessidade da utilização de adaptadores junto ao encaixe dos bicos, a fim de direcionar o jato de aspersão no sentido vertical;
- g) Pontas de jato plano (leque) com indução de ar: essas pontas possuem um ou mais orifícios para entrada de ar, que se mistura à calda que percorre o interior do bico. Apresentam perfil de gotas grossas e muito grossas, com inclusões de ar (bolhas de ar dentro das gotas). Caracterizam-se por baixa deriva. A cobertura de alvos planos pode ser melhor do que a proporcionada por gotas grandes de pontas sem indução de ar, pois, quando atingem o alvo, as gotas podem fragmentar-se, aumentando a superfície coberta. Possuem ângulo de aplicação entre 80° e 140° e exigem maior pressão de trabalho que os demais bicos tipo leque operando, pelo menos, a pressões maiores que 30 lbf pol-²;
- h) Pontas de jato cônico cheio: são pontas que apresentam gotas finas a grossas, conforme a vazão da ponta e a pressão de trabalho, reduzindo a deriva. Adequadas para aplicação de inseticidas e de fungicidas em culturas com grande densidade foliar, já que este modelo de ponta tem uma grande capacidade de penetração de gotas;

 Pontas de jato cônico vazio: são pontas que apresentam perfil de gotas finas e muito finas, com grande capacidade de penetração e cobertura, e com alto risco de deriva e evaporação.

Como visto, existe uma grande diversidade de pontas de pulverização capazes de proporcionar diâmetros e velocidade das gotas adequadas à característica da aplicação a ser realizada. O importante é entender que a função das pontas é produzir gotas. Para se escolher a ponta adequada, deve-se saber qual é a gota adequada para cada situação. Nisso consiste o principal desafio da tecnologia de aplicação via pulverização, que é determinar qual é a gota adequada, produzi-la e distribuí-la de maneira uniforme, nas mais variadas situações a campo. Pelas dificuldades em proporcionar eficientemente essa adequação, via de regra, são utilizados volumes de calda e quantidades de defensivos muito maiores do que seria necessário para o efetivo controle das pragas.

7.4 Manutenção das pontas de pulverização

O desgaste das pontas de pulverização pode comprometer a eficácia do produto devido a erros no perfil de distribuição e também pode elevar o nível de contaminação ambiental e o custo da operação, já que levantamentos mostram que os erros na vazão das pontas podem gerar sobre aplicações em mais de 40% dos equipamentos, com erros que podem superar os 18% do volume necessário.

Os filtros têm papel fundamental na qualidade do produto que passa através das pontas, evitando impurezas que poderiam obstruí-las completamente, evitando falhas nas aplicações e paradas para limpeza. Além das obstruções completas, os filtros também evitam obstruções parciais das pontas, sendo estas as que causam os maiores problemas de sub aplicação, pois não são facilmente observadas pelo operador, levando à ocorrência de aplicações deficientes.

A limpeza cuidadosa de uma ponta de pulverização entupida pode significar a diferença entre uma área limpa e uma com faixas de plantas daninhas. As pontas de pulverização de jato plano têm bordas finas usinadas primorosamente em volta do orifício para controlar a pulverização. Mesmo o menor dos danos devido à limpeza inadequada pode causar aumento da vazão e distribuição diferente da pulverização. Alguns pontos importantes devem ser levados em consideração para evitar ou minimizar os problemas com as pontas de pulverização:

- a) utilizar filtros de linha e filtros de ponta com malha adequada a pontas em uso. As malhas mais usuais são 30, 50, 80, 100 e 120 mesh. A escolha da malha do filtro da ponta deve seguir a recomendação do fabricante;
- b) nunca desentupir uma ponta com objeto metálico. O método correto de se desentupir uma ponta é com a utilização de uma escova plástica (como, por exemplo, uma escova de dentes) ou com ar comprimido. Deve-se sempre ter algumas pontas de reserva para substituir rapidamente as entupidas no campo, caso o entupimento não seja facilmente resolvido a campo;
- c) lavar sempre as pontas no fim do dia de aplicação, especialmente quando aplicar produtos em pó, que tendem a se depositar e secar no interior das pontas;
- d) no término da pulverização, lavar bem as pontas (deixar de molho em água com detergente é um bom processo), secá-las e guardar em um vidro tampado (de maionese, por exemplo);
- e) providenciar para que as pontas não fiquem expostas na barra, batendo no solo. Esse é um problema que ocorre muito nas extremidades das barras, que devem possuir um patim de arraste para impedir o contato da barra com o solo e as pontas posicionadas acima da peça inferior da barra.

8 Métodos e equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas

Os métodos de aplicação atualmente em uso podem ser basicamente agrupados em aplicações via sólida, via líquida e via gasosa, em função do estado físico do material a ser aplicado. Dentre esses, a aplicação via líquida, com o emprego de água como diluente, é, de longe, o método predominante. Entretanto, em algumas condições, as dificuldades na obtenção e no transporte de água podem conduzir à adoção de alternativas como a aplicação via líquida sem o uso de água ou aplicação via sólida. A aplicação via gasosa é bastante restrita, devido às dificuldades associadas ao processo.

8.1 Aplicação por via sólida

Uma das principais vantagens da aplicação via sólida é a não utilização da água, o que dispensa diluição pelo usuário. Nessas aplicações, as formulações estão prontas para o uso, isto é, já se encontram diluídas em concentrações adequadas para o campo. Entretanto o transporte de grandes quantidades de materiais inertes sólidos, que integram a formulação, faz aumentar substancialmente o custo da unidade do ingrediente ativo.

Dependendo da granulometria do material, a aplicação de sólidos comporta duas modalidades: aplicação de pó e aplicação de grânulo, estando a primeira praticamente em desuso atualmente.

8.2 Aplicação de grânulos

A aplicação de formulações granuladas tem crescido paulatinamente nos últimos anos. Produtos sistêmicos granulados são usados para aplicação no solo para controle de pragas que se alimentam da seiva (insetos e ácaros), larvas de brocas e de lepidópteros, nematoides etc. Inseticidas de contato são granulados e aplicados no controle de pragas do solo. Herbicidas e fungicidas também são experimentados nessa formulação. Uma das principais características dos granulados é que, dependendo da matriz empregada como veículo, pode-se controlar a velocidade de liberação do ingrediente ativo, de tal forma a prolongar a sua ação residual.

As partículas são suficientemente pesadas para resistirem à ação do vento durante a aplicação e, estando bem elaborada a formulação, não há formação de pó. Essas características tornam a aplicação um dos processos mais seguros entre as diversas alternativas. Produtos altamente tóxicos podem ser aplicados com relativa segurança.

Geralmente a aplicação de granulados pode ser efetuada com equipamentos bastante simples e isso torna o processo mais facilmente aceito nas regiões pouco desenvolvidas. Uma boa formulação de grânulos deve apresentar as seguintes características: fácil escoamento, não empastar, ser livre de pó e não se quebrar durante o transporte e o armazenamento.

As principais vantagens dos produtos formulados como grânulos são as seguintes:

- a) o risco do operador é reduzido porque o ingrediente ativo está encerrado dentro da partícula sólida;
- b) produtos altamente voláteis podem ser liberados mais lentamente;
- c) partículas sólidas podem ser colocadas com maior exatidão no solo ou na folhagem;
- d) a distribuição pode ser muito precisa porque o tamanho das partículas pode ser padronizado facilmente;

- e) há menor risco de deriva;
- f) o rendimento da aplicação pode ser maior devido ao volume reduzido e à dispensa da operação de diluição;
- g) a calibração é mais fácil e exata;
- h) uma variedade grande de matérias-primas está disponível ao formulador e isso pode ser explorado no sentido de conferir maior eficácia ao ingrediente ativo.

A dose de granulado é recomendada em função da área (kg ha⁻¹), do comprimento (g m⁻¹ de sulco) ou por planta (g planta⁻¹). A dose em função da área oscila entre 10 e 40 kg ha⁻¹. O desenvolvimento do processo de aplicação de granulados tem sido lento, porém progressivo. Uma das causas dessa lentidão é a inexistência de máquinas aplicadoras que, por serem demasiado simples, não têm despertado interesse de grandes fabricantes.

8.3 Aplicação por via líquida

Nesta modalidade, geralmente uma formulação é diluída em um líquido apropriado antes da aplicação. O diluente mais empregado é, sem dúvida, a água. Ao resultante da adição do diluente à formulação dá-se o nome de calda e essa se encontra na concentração adequada para a aplicação. Há casos em que a aplicação via líquida se faz sem a adição do diluente. Nesse caso, a formulação que se emprega é o UBV (ultra baixo volume).

Via de regra, a aplicação é feita na forma de gotas (pulverização), havendo, no entanto, casos em que se faz na forma de filete líquido (rega ou injeção) ou na forma de gotas muito diminutas, formando neblina (nebulização).

A adesividade das partículas líquidas no alvo é muito superior à do pó, bem como a sua tenacidade, o que leva à recomendação de dosagens mais baixas. Como o método é bastante antigo, existem muitos tipos de equipamentos apropriados para as mais variadas situações, bem como as formulações existentes estão bem desenvolvidas para serem miscíveis à água.

Quando se pensa em pulverização, deve-se ter em mente que fatores como o alvo a ser atingido, as características do produto utilizado, a máquina, o momento da aplicação e as condições ambientais não estarão agindo de forma isolada, sendo a interação deles a responsável direta pela eficiência ou ineficiência do controle. Qualquer desses fatores que for desconsiderado ou equacionado de forma errônea poderá resultar no insucesso da operação, e essas situações são bastante frequentes no campo.

8.4 Componentes e funcionamento dos pulverizadores

Os equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas são numerosos e podem ser classificados segundo o material que aplicam. Assim, a polvilhadora aplica pó, a granuladora, grânulos, o pulverizador, gotas e o nebulizador, neblina. Existindo uma variedade de equipamentos, é necessário adotar algum sistema para classificá-los, para denominá-los de forma inteligível por aqueles que trabalham dentro do assunto.

A maneira usual de se denominarem os equipamentos deste grupo tem sido através do uso de três palavras: a primeira indica a função da máquina (o que aplica); a segunda indica a forma de deslocamento; a terceira, a forma de acionamento. Assim, 'pulverizador costal motorizado' é um equipamento que aplica líquido dividido em gotas, transportado no dorso do operador e possui um motor próprio.

8.4.1 Equipamentos e técnicas para aplicação via sólida

Nesta categoria, podem-se distinguir dois tipos de aplicador: os de pó e os de grânulos.

Aplicadores de pó

São denominados polvilhadoras e aplicam a formulação pó-seco, de pronto uso. A base do processo consiste em assoprar o pó sobre a área visada no tratamento; portanto o equipamento deve possuir, no mínimo, um reservatório para se colocar o pó e um sistema de ventilação. Para poder controlar a vazão do pó, equipamentos de maior precisão possuem um sistema dosador que regula a quantidade de saída do pó. As polvilhadoras mais rudimentares nem possuem os órgãos (depósito, ventilador e dosador) independentes. Hoje, estes equipamentos caíram em desuso, substituídos por outros processos mais seguros e eficazes.

Aplicadores de granulados

Ao contrário do que ocorre com o polvilhamento, a aplicação de granulados vem paulatinamente crescendo. A máquina aplicadora de granulados é ainda mais simples que as polvilhadoras, pois dispensa o ventilador.

Para aplicar granulados em cova, existem diferentes dispositivos simples. No Brasil, desse grupo de equipamentos, o mais popular é a matraca, que originalmente é uma semeadora manual. A matraca adaptada para aplicação do material granulado é bastante usada para aplicar inseticidas sistêmicos em covas distribuídas em volta de plantas frutíferas, cafeeiros etc. Existem matracas especialmente desenvolvidas para aplicação de granulados que possuem o depósito (mochila) que vai às costas do operador, aumentando a autonomia do trabalho e aliviando o peso das mãos do operador.

Para a aplicação em sulco, as granuladoras podem ser de diferentes tipos: manuais, costais ou montadas em trator. Dentre os dispositivos manuais, pode ser destacado um simples recipiente de fundo afunilado, provido de alça. A vazão é fixa e depende da área do orifício que existe no fundo, que pode ser fechado através de uma tampa acionada por uma haste. Dos montados em trator, o equipamento possui um depósito com fundo afunilado em cujo extremo inferior existe o sistema dosador e um conduto de saída direcionável. Essas unidades podem aplicar o produto granulado no sulco de plantio ou ao lado das plantas já estabelecidas.

A aplicação de granulados também pode ser efetuada a lanço. Nesse caso, há necessidade de um ventilador para arremessar os grãos à distância. A aplicação a lanço em cobertura total do terreno não é tão comum. Quando a aplicação é feita a lanço, destina-se a tratamento de uma faixa limitada, geralmente ao lado da fileira de plantas. Existe um aplicador que espalha grãos a lanço, conjugada a uma grade que faz a incorporação do material ao solo. Essa grade geralmente fica na posição lateral e pode incorporar o produto químico sob a 'saia' das árvores.

Para a aplicação de formulações granuladas em covas, a regulagem é bastante simples. Basta acionar o equipamento em cima de um coletor (recipiente qualquer), medir o peso do material e ir, por tentativa, abrindo ou fechando o dosador, até acertar a dose por cova.

Quando a aplicação é em sulco, basta acionar o equipamento em cima de uma lona de comprimento conhecido, recolher o material, pesar e, por tentativa, ajustar a abertura do dosador para aplicar a dosagem requerida.

8.4.2 Equipamentos de aplicação via líquida

Os equipamentos para aplicação de líquidos podem ser divididos em injetores, pulverizadores e nebulizadores. Os injetores aplicam um filete de líquido (sem fragmentação em gotas), os

pulverizadores aplicam gotas e os nebulizadores a neblina (gotas menores que $50~\mu m$). Entre os sistemas de aplicação de defensivos agrícolas, a pulverização é o sistema responsável pela aplicação da maior parte dos defensivos utilizados no mundo.

Tipo e classificação dos pulverizadores

Além da classificação básica dos equipamentos de aplicação de defensivos agrícolas, em que se classificam a formulação aplicada, a forma de transporte dos equipamentos e a forma de energia utilizada, os pulverizadores ainda têm outra classificação quanto à forma de levar a gota até o alvo, sendo então dividido em dois outros grupos:

- a) pulverizadores de jato lançado;
- b) pulverizadores de jato arrastado.

No primeiro caso, as gotas, depois de lançadas no ar pelos bicos, deverão chegar ao alvo pela sua própria energia cinética e, no segundo caso, uma corrente de ar deverá arrastar a gota até o alvo. Essa característica determina uma grande diferença nas condições de regulagem e calibração dos equipamentos.

Componentes básicos dos pulverizadores hidráulicos

Existe uma grande variedade de pulverizadores,porém possuem, de um modo geral, partes em comum, apresentando todos, pelo menos, um tanque, uma fonte de energia para acionamento do líquido (pode até ser a gravidade) e um elemento que forma gotas. No entanto, para se ter controle sobre todas as condições operacionais, muitos outros acessórios e partes são necessários (Figura 18).

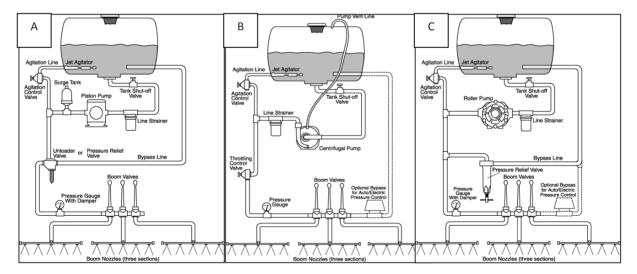


Figura 18 - Circuito hidráulico de um pulverizador convencional: (a) utilizando bomba de pistão; (b) utilizando bomba centrífuga; (c) utilizando bomba de diafragma.

Fonte: Christofoletti (1997).

8.4.3 Regulagem e calibração dos equipamentos

Regulagem do pulverizador de barras com uso do vaso calibrador

Antes da regulagem, devem ser verificados os seguintes itens:

- a) filtro de sucção: limpeza;
- b) mangueiras: se não estão furadas ou dobradas;
- c) regulador de pressão componentes: sede da válvula, válvula e mola, se não estão gastas ou presas por impurezas;
- d) bomba: se não há vazamentos, se está lubrificada (nível do óleo ou graxa);
- e) bicos: se são do mesmo tipo, se não estão gastos, se não diferem em mais de 10% de vazão e se os filtros estão limpos.

Uma vez verificados todos os itens, inicia-se a calibração do pulverizador:

- a) marcar 50 m no terreno a ser tratado;
- b) abastecer o pulverizador;
- c) escolher a marcha de trabalho;
- d) ligar a tomada de força;
- e) acelerar o motor até a rotação correspondente a 540 rpm na tomada de força;
- f) iniciar o movimento do trator no mínimo 5 metros antes do ponto marcado;
- g) anotar o tempo que o trator gasta para percorrer os 50 metros;
- h) em terrenos de topografia irregular, repetir a operação várias vezes e tirar a média;
- i) com o trator parado na aceleração utilizada para percorrer os 50 metros, abrir os bicos e regular a pressão de acordo com a recomendada para os diferentes tipos de bicos:
 - o Bicos tipo cone: de 75 a 200 lbf pol-2;
 - o Bicos tipo leque: de 15 a 60 lbf pol⁻².
- j) coletar o volume do bico no tempo igual ao gasto para percorrer os 50 metros, efetuando a leitura na coluna correspondente ao espaçamento entre bicos;
- k) repetir essa operação em diversos bicos para obter uma média do volume;
- l) a média obtida nas leituras é o volume de pulverização para marcha e pressão determinadas.

Obs. 1: se o volume obtido for abaixo do desejado, aumentar a pressão, diminuir a velocidade (manter 540 rpm na Tomada de Força - TDF) ou trocar os bicos por um de maior vazão;

Obs. 2: se o volume obtido for acima do desejado, diminuir a pressão, aumentar a velocidade (manter 540 rpm na TDF) ou trocar os bicos por um de menor vazão.

Regulagem do pulverizador costal manual

Antes da regulagem, certificar-se de que

- a) os êmbolos não estão ressecados ou danificados;
- b) as válvulas não estão gastas ou presas no corpo;
- c) a agulha não está com as vedações gastas;
- d) o bico é o indicado para a aplicação;

e) não há vazamentos.

Uma vez verificados todos os itens, inicia-se a calibração do pulverizador.

Método de Calibração com o Uso de Vaso Calibrador

- a) O pulverizador deve estar limpo e abastecido com água limpa;
- b) Com o pulverizador às costas, posicionar a lança na altura de trabalho e medir a largura da faixa de aplicação;
- c) Praticar a pulverização para determinar a frequência de bombeamento e a velocidade cômoda para o trabalho;
- d) Pulverizar em uma área de 25 m².

Verificar, abaixo, a distância a ser percorrida conforme a largura da faixa de aplicação:

Largura da faixa (m)	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5
Distância a percorrer (m)	50	35,7	25	20,8	16,7

- e) Fixar o calibrador à tampa, como segue:
 - o Remover a capa, o bico e o filtro;
 - o Montar a tampa do calibrador;
 - o Reinstalar o filtro, o bico e a capa;
 - o Rosquear o recipiente à tampa;
- f) Segurar a lança na posição normal de trabalho e pulverizar no recipiente até cobrir a área de 25 m² determinada;
- g) Manter o recipiente no nível e fazer a leitura. O nível do líquido indicará o volume na escala correspondente. Esvaziar o recipiente, repetir a operação, obtendo assim a média de duas medições, a qual se torna mais real.

Método prático de calibração

- a) Marcar uma área de 100 m² (10 x 10 m);
- b) Encher o tanque e pulverizar a área (obs.: é necessário que o operador mantenha ritmo constante de bombeamento e de marcha);
- c) Completar o tanque e medir o volume gasto em litros. Para medidas precisas, o pulverizador deve estar na mesma posição antes e depois da operação;
- d) Calcular o volume de pulverização em L ha-1:

$$Q = \frac{\text{Vol x } 10.000}{A}$$

em que: Q = volume em L ha⁻¹; Vol = volume gasto em L; 10.000 = 1 ha; A = área pulverizada.

Obs.: caso o volume encontrado não seja o desejado, substitua o bico por um de maior ou de menor vazão, ou altere o ritmo de bombeamento e marcha.

Regulagem de Pulverizadores Através de Fórmulas

Volume de pulverização (L ha-1):

$$Q(L ha^{-1}) = \frac{q(L min^{-1}) x 60.000}{e(cm) x V(km h^{-1})}$$

Vazão coletada na ponta (L min-1):

$$q (L min^{-1}) = \frac{V (km h^{-1}) x e (cm) x Q (L ha^{-1})}{60.000}$$

em que:

Q = volume de pulverização (L ha-1);

q = vazão coletada da ponta (L min⁻¹);

e = espaçamento entre bicos (cm);

V = velocidade do trator (km h⁻¹);

F = espaçamento entre as pontas na barra (cm);

60.000 = fator de conversão de unidades.

Quantidade de produto a colocar no tanque (kg ou L):

$$Pr (kg ou L) = \frac{Ct (L) \times D (kg ou L)}{Q (L ha^{-1})}$$

em que:

Pr = quantidade de produto (kg ou L);

Ct = capacidade do tanque (L);

Q = volume de pulverização (L ha-1);

D = dosagem do defensivo (kg ou L).

9 Referências

AMSDEN, R.C. Reducing the evaporation of sprays. **Agricultural Aviation**, Washington, D.C., v. 4, no. 3, p. 88-93, 1962.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2004. p. 145-184.

_____; VEIGA, C. M.; QUEIROZ, P. C. Caracterização tecnológica da aplicação de defensivos na cultura da soja em plantio direto no Brasil. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu Embrapa Soja, 2002. v. 1, p. 337.

ASABE- American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph, 1999. (ASABE S, 572).

13 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

. Terminology and definitions for application of crop, animal, or forestry production and protection agents. St. Joseph, 2007. (ASAE S, 327.3). 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]. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998. BODE, L. E. Downwind drift deposits by ground applications. In: PESTICIDE DRIFT MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1984, Brookings. Proceedings... Brookings: South Dakota University, 1984. p. 49-52. BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; BRAUN, E. Efeitos do volume de calda sobre o controle químico de oídio em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 30., 2002, Cruz Alta. Fundacep/Fecotrigo. Atas e Resumos... Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 2002. p. 104. ; PANISSON, R. Aplicação de fungicidas para o controle de oídio em soja, em diferentes horários do dia. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. Atas e Resumos... Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 57. ; TRES, I. Aplicação de fungicidas para o controle de oídio em soja, com diferentes volumes de aplicação. In: In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. Atas e Resumos... Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 59. et al. Aplicação de fungicida para o controle de oídio em soja, com diferentes pontas de pulverização e volumes de calda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, SP. Anais... Botucatu: FEPAF, 2004. p. 17-BONINI, J. V.; BALARDIN, R. S. Pontas de pulverização utilizadas na aplicação de fungicidas para controle de doenças. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 30., 2002, Cruz alta. Atas e Resumos 2002... Cruz Alta: FUNDACEP, 2002. p.110. BOSCHINI, L. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume de aplicação, na cultura da soja. 2000. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de pós-graduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2000. BOUSE, L. F., CARLTON, J. B.; JANK, P. C. Effect of water soluble polymers on spray droplet size. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 31, no. 6, p. 1633-1641, 1988. BROWN, A. W. A. Insect control by chemicals. New York: John Wiley, 1951. CHAIM, A. Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrodinâmico - avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (Enneothrips flavens, Moulton, 1941) do amendoim (Arachis hypogaea L.).1984. 95 f.. Dissertação (Mestrado)-Programa de pós-graduação em Agronomia, FCAV, Jaboticabal, 1984. ; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999. ; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 10, p. 13-22, 2000. et al. Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 1999a. (Boletim de pesquisa, 2).

HORTALIÇAS-FRUTO

- _____et al. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 9, p. 65-74, 1999b.

 _____et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999c.

 CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. São Paulo: Teejet, 1999.
- _____. Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. São Paulo: Spraying Systems do Brasil, 1997.
- COFEE, R. A. Electrodynamic energy: a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE-PEST AND DISEASES, 1979, England. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1979. p. 777-789.
- COMBELLACK, J. H. The problems involved in improving spraying efficiency. **Australian Weeds**. Victoria, v. 1, no. 2, p. 113-17, 1981.
- COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 327-352, 1960.
- CUNHA, J. P. A. R. da.; REIS, E. F. dos.; SANTOS, R. de O. Controle químico da ferrugem da soja em função da ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.
- _____; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.
- DERKSEN, R. C.; JIANG, C. Automated detection of fluorescent spray deposits with a computer vision system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, no. 6, p. 1647-1653, 1995.
- ENDACOTT, C. J. Non-target organism mortality: a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1983. v. 2, p. 502.
- FERREIRA, M. da C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 293-303.
- FRANZ, E. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 36, no. 5, p. 1271-1278, 1993.
- GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASSI, U. R. Seleção de pontas para pulverização. In: COAMO. **Programa Coamo Tecnologia de Aplicação**. Campo Mourão, 2005. p. 23-30.
- GARCIA, L. C. et al. Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) com herbicidas de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agricola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 758-763, 2004.
- GRAHAM-BRYCE, I. J. The future of pesticide technology: opportunities for research. In: BRITISH INSETICIDE AND FUNGICIDE CONFERENCE, 8., 1975, Brighton. **Proceedings...** Brighton: Britich Crop Protection Council, 1975. p. 901-905.

13 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

GUARIDO, G. Qualidade da água na pulverização. In: COAMO. Programa Coamo de Tecnologia de Aplicação. Campo Mourão, 2005. p. 31-34. HIMEL, C. M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 1974, Cranfield. Proceedings... Cranfield: Britich Crop Protection Council, 1974. p. 112-119. . The optimum size for insecticide spray droplets. Journal of Economic Entomology. College Park, v. 62, no. 4, p. 919-925, 1969. ; MOORE, A. D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 62, no. 4, p. 916-918, 1969. HOFMAN, V.; SOLSEG, E. Spray equipment and calibration. Fargo: North Dakota State University, 2004. (North Dakota State University Extension AE-73) HOFFMANN, L. L.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja. In: REIS, E. M.; BORGES, L. D.(Org.). Doencas na cultura da soja. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 147-170. HOFMAN, V.; KUCERA, H.; BERGE, M. Spray equipment and calibration. North Dakota: St. Univ. Bul., 1986. HOLLOWAY, P. J. et al. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. Crop Protection, Guildford, v. 19, p. 27-37,2000. JACTO S/A. Sistema Vortex: a melhor solução para o controle da ferrugem da soja. [S.l.: Máquinas Agrícolas Jacto, 2006. JONHSTONE, D. R. Insecticide concentration for ultra-low-volume crop spray applications. Pesticide Science, Chichester, v. 4, p. 77-82, 1973. . Statistical description of spray drop size for controlled drop application. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APPLICATION, 1978. Proceedings... Croydon: British Crop Protection Council, 1978, p. 35-42. (BCPC monograph, 22). ; JOHNSTONE, K. A. Aerial spraying of cotton in Swaziland. PANS, London, v. 23, no. 1, p. 13-26, 1977. LIMBERGER, A. R. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado, na cultura do feijão. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de pós-graduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2006. MAGNOGET. Qualidade e precisão. [S.l.], 2018. Catálogo. MARCÃO, M. A.; RONCATO NETTO, E. Qualidade de água para pulverização. In: COOPAVEL/ COODETEC (Org.). Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Cascavel, 2003. p. 7-15. MATTHEWS, G. A. Application of pesticides to crops. London: Imperial College, 1999. . **Pesticide application methods**. 3. ed. London: Blackwell Science, 2000.

MATUO, T. Tecnicas de aplicação de defensivos agricolas. Jaboticabal: Funep, 1990.

1983.

_. Pesticide applications - at the crossroads? EPPO Bulletin, Oxford, v. 13, no. 3, p. 351-355,

et al. Tecnologia de aplicação e equipamentos. Brasília, DF: ABEAS/UFV, 2000.

NIELSEN TECHNICAL TRADING. **Water technic**: conversion of water hardness units. 2007. Disponível em: http://www.aqua-corrent.dk/dk1skw/uk-waterhardness-tabel.html . Acesso: 15 abr. 2018

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**: novas tecnologias. Santa Maria: Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78, 1998.

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: EPAGRI/SBF, 2004. p. 322.

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 45-56, 1999.

QUANTICK, H. R. Handbook for agricultural pilots. London: Collins, 1985.

RAINEY, R. C. Flying insects as tergets for ultralow volume spraying. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 1974, Cranfield. **Proceedings...** Cranfield: British Crop Protection Council, 1974. p.112-119.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z. da; SANTIAGO, T. (Org.). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2003. p. 133-201.

RUEDELL, J. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: Fundacep, 1995.

_____; THEISEN, G.; BIANCHI, M. A. Efeito dos fatores ambientais na ação dos herbicidas. In: THEISEN, G.; RUEDELL, J. (Org.). **Tecnologia de aplicação de herbicidas**: teoria e prática. Cruz Alta: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 13-23.

SANTOS, J. M. F. dos. Tecnologia de aplicação de defensives agrícolas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3., 2004. Mogi das Cruzes. Anais... Mogi das Cruzes: [s.n.], 2004. p. 109-116.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado.**2006. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de pósgraduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2006.

SCRAMIN, S. et al. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. Anais... Botucatu: FEPAF, 2004. p. 13-16.

SPRAYING SYSTEMS Co. **Teejet**: produtos de pulverização para agricultura.Wheaton, 1998. (Catálogo 46M – BR/P).

STEVENSON, W. R.; JAMES, R. V. Evaluation of different sprayer technologies for fungicide application to control early and late blights. 1997. Disponível em: http://www.plantpath.wisc.edu/wivegdis. Acesso: 06 abr. 2018.

13 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**: teoria e prática. Cruz Alta: Aldeia Norte Editora, 2004.

VELLOSO, J. A. R. O.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barras. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1984.

WOMAC, A. R. et al. Comprehensive evaluation droplet spectra from drift reduction nozzles. St. Joseph: ASAE, 1997. (ASAE paper, n. 97-1069).

ZHU, H. et al. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 67, p. 35-45, 1997.