

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PARA PEQUENAS PROPRIEDADES E ÁREAS DECLIVOSAS

Francisco Cláudio Lopes de Freitas – *Universidade Federal Rural do Semi-Árido*

Lino Roberto Ferreira – *Universidade Federal de Viçosa*

Paula Gracielly Morais Lima do Nascimento – *Universidade Federal Rural do Semi-Árido*

INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 85% das propriedades rurais pertencem a grupos familiares, que corresponde a 77% da população ocupada na agricultura. Cerca de 60% dos alimentos consumidos pela população brasileira vêm desse tipo de produção rural e quase 40% do Valor Bruto da Produção Agropecuária são produzidos por agricultores familiares. Vêm das pequenas propriedades, cerca 70% do feijão consumido no país, 84% da mandioca, 54% da bovinocultura de leite, 49% do milho e 40% de aves e ovos (INCRA citado por Toscano, 2003). Todavia, a indústria de máquinas e implementos agrícolas não fez, no passado, grandes investimentos no sentido de desenvolver e/ou adaptar equipamentos apropriados para atender a essa demanda, principalmente, no que se refere aos pulverizadores para aplicação de agrotóxicos.

Além das pequenas propriedades, as áreas declivosas, que dificultam ou impossibilitam o trânsito de máquinas, especialmente as de maior porte, passaram pelo mesmo problema. Nestas áreas, destacam-se os setores ligados ao reflorestamento, à cafeicultura, à fruticultura, à cana-de-açúcar e áreas ocupadas com pastagens. Nas últimas décadas, com o avanço do sistema de plantio direto, novas áreas, anteriormente consideradas impróprias à agricultura, como as que apresentam solos rasos e sensíveis à erosão, com afloramento de rochas e com declividade que dificulta a mecanização, foram também incorporadas às agricultáveis (Agnes et al., 2005), com cultivos, inclusive, de culturas anuais, como milho e feijão.

Contudo, nos últimos anos, alguns setores ligados à pesquisa e à indústria têm se empenhado para desenvolver e adaptar tecnologias e equipamentos destinados a operar em pequenas propriedades e áreas com declividade acentuada. Dentre os quais, destaca-se o desenvolvimento de técnicas e equipamentos que tornaram menos árdua e mais segura a aplicação de agrotóxicos, especialmente herbicidas, nessas condições.

Dentre os principais componentes no custo de produção da maioria dos produtos agrícolas, destacam-se os relacionados ao manejo das plantas daninhas, que são responsáveis por grandes perdas no rendimento e na qualidade do produto comercializado, além de dificultar a realização de determinados tratos culturais. Na maioria das áreas agrícolas, principalmente as de grande porte, o controle de plantas daninhas é realizado através a adoção de medidas químicas de controle, com o

uso de herbicidas. Entretanto, com a mão-de-obra cada vez mais escassa e diante da necessidade de se reduzir custos de produção, nos últimos anos, têm si verificado aumento da área manejada com uso de herbicidas, também, nas pequenas propriedades.

Os herbicidas representam mais de 40% de todo agrotóxico comercializado no Brasil (SINDAG) e são moléculas químicas que quando aplicadas em determinada dose, promovem a redução da taxa de crescimento ou morte das plantas daninhas. No entanto, quando aplicados em quantidades inferiores à recomendada, produzem controle insuficiente e em quantidades superiores, causam perdas financeiras, intoxicação nas culturas e danos ao meio ambiente.

Uma vez constatada a necessidade do uso de herbicidas, estes devem ser aplicados de forma correta, visando a máxima eficácia biológica e o mínimo dano às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao homem. Essa eficácia será tanto melhor, quanto mais adequado for o equipamento e a técnica empregados. Nesse sentido, a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas consiste no emprego de todos os conhecimentos científicos, que proporcionem a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ambiental (Matuo et al., 2002).

No caso específico deste capítulo, os agrotóxicos a serem considerados serão os herbicidas e os alvos a serão as plantas daninhas. Considerando os herbicidas aplicados em pós-emergência, os alvos serão as folhas ou os caules das plantas daninhas. Para os produtos aplicados em pré-emergência, o alvo também serão as plantas daninhas, porém, antes, o herbicida tem de atingir o solo para depois chegar até elas, através das sementes, raízes, caulículos, etc. Percebe-se que, tanto na aplicação em pós quanto em pré-emergência, boa parte dos herbicidas não atinge o alvo correto. Com isso, têm se ressaltado a necessidade de tecnologia mais acurada para aplicação do produto químico no alvo, requerendo procedimentos e equipamentos mais adequados à maior proteção ao trabalhador e ao ambiente, especialmente, no caso da aplicação em pequenas propriedades e áreas declivosas, cujos equipamentos usados, apesar dos avanços, não são tão evoluídos se comparados aos usados em grandes áreas como os pulverizadores autopropelidos, que possuem ajustes finos, controlados por computadores, que permitem reduzir perdas e a mão-de-obra, normalmente, é menos qualificada.

EFICIÊNCIA NA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

As perdas na aplicação dos agrotóxicos são elevadas. Do total aplicado, uma parte vai diretamente para o solo, outra parte é perdida por deriva e evaporação e apenas uma pequena quantidade do agrotóxico é depositada direta ou indiretamente sobre o alvo biológico. Diretamente, quando se coloca o produto em contato com o alvo no momento da aplicação e indiretamente, no

caso dos herbicidas, quando o produto é aplicado no solo, para ser absorvido pelo sistema radicular e/ou pelas sementes ou pelo processo de redistribuição. Essa redistribuição poderá se dar por meio da translocação sistêmica ou pelo deslocamento superficial do depósito inicial do produto.

A eficiência da aplicação é a relação entre a dose teoricamente requerida para o controle e a dose efetivamente empregada, geralmente expressa em porcentagem.

$$E = (dt/dr)100$$

Onde, E = eficiência de aplicação (%); dt = dose teórica requerida e dr = dose real empregada.

Diversos fatores podem influenciar na eficiência dos herbicidas, como por exemplo, se o herbicida é aplicado em pré ou pós-emergência, variando com o tipo de solo, o tamanho das plantas daninhas, a arquitetura da planta, morfologia e cerosidade das folhas, condições climáticas e distribuição das plantas daninhas no campo. Quando o alvo é de grandes dimensões e a coleta do produto aplicado é favorável, essa eficiência pode ser relativamente alta, como é o caso da aplicação de um herbicida sistêmico, em pós-emergência, numa área com boa cobertura de plantas daninhas, sob condições climáticas favoráveis à aplicação. Por outro lado, quando se faz aplicação foliar de um herbicida de contato, com translocação via apoplasto, esta eficiência pode atingir valores muito mais baixos, pois, normalmente, são utilizadas gotas menores, com o intuito de elevar a cobertura do alvo, o que aumenta a probabilidade de perdas por deriva. Também, na aplicação de herbicidas em pré-emergência, tem-se eficiência reduzida, porque, antes de ser absorvido pelas plantas daninhas, ele pode ser adsorvido pelos colóides do solo, lixiviado, volatilizado ou degradado ou, até mesmo, absorvido pelas culturas.

A melhoria nessa eficiência poderá ser alcançada por meio da evolução no processo, nos seus mais variados aspectos. O melhor treinamento do homem que opera o equipamento de aplicação é, sem dúvida, um dos pontos mais importantes. No entanto, devem-se desenvolver novos equipamentos capazes de cumprir essa tarefa com maior eficiência, especialmente, no caso da aplicação em pequenas propriedades e áreas declivosas, cujos equipamentos usados, apesar dos avanços, ainda não são tão evoluídos, se comparados aos usados em grandes áreas como os pulverizadores autopropelidos, que possuem ajustes finos, controlados por computadores, que permitem reduzir as perdas.

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Os métodos de aplicação dos agrotóxicos podem ser agrupados em aplicação via sólida, líquida e gasosa, dependendo do estado físico do material a ser aplicado. Para aplicação de herbicidas a via líquida, utilizando a água como diluente, é o método mais empregado. Neste caso, aplicação é feita, normalmente, na forma de gotas (pulverização), podendo em alguns casos, ser

feita por meio de pincelamento na “cepa/toco” de árvores e arbustos, logo após o corte tronco, como é o caso do picloram, em pastagens.

Na aplicação via líquida, a formulação do herbicida é diluída em água, recebendo o nome de calda, que deve ter a concentração adequada para aplicação. A concentração varia em função da dose recomendada para o herbicida e do volume de calda aplicado.

A distribuição da calda é realizada, normalmente, por meio de pulverização hidráulica, que é definida como “processo mecânico de geração de gotas” (Cordeiro, 2001; Matuo, et al. 2002). As gotas são produzidas pelas pontas de pulverização que, também, determinam a vazão e a distribuição do líquido pulverizado, sendo, portanto, o equipamento mais importante do pulverizador (Bauer e Raetano, 2004).

A aplicação pode ser feita em área total ou dirigida. Em área total, quando se deseja controlar todas as espécies presentes, como é o caso da dessecação para plantio direto ou quando se pretende controlar plantas daninhas numa cultura, com herbicida seletivo. Por outro lado, a aplicação dirigida é empregada quando se aplica herbicidas não seletivos, visando atingir apenas a planta daninha e protegendo a cultura. Esse processo é muito usado em culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras. A aplicação dirigida pode, também, ser feita na forma de “catação”, que consiste em aplicar o herbicida, seletivo ou não, apenas nas plantas daninhas, normalmente, em áreas com baixa infestação. A “catação” é muito empregada no controle de arbustos em pastagens e de rebrota de “cepas” de eucalipto, em áreas de reflorestamento.

Outro processo comum é a aplicação em faixa. Nesse caso, pode-se aplicar herbicidas seletivos ou não seletivos, em aplicação dirigida, apenas na linha de plantio. Processo esse, muito empregado em culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras, com grande espaçamento entre fileiras. O controle das plantas daninhas nas entrelinhas pode ser feito por métodos mecânicos, como a roçada ou a gradagem, ou por meio de aplicação de herbicidas não seletivos, na forma de jato dirigido.

EQUIPAMENTOS PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Como este capítulo se refere a aplicação de herbicidas em pequenas propriedades e em áreas declivosas, será dada prioridade aos pulverizadores hidráulicos, como os costais manuais e pressurizados e os de arrasto, tracionados por homens ou animais.

Na escolha do pulverizador, deve-se levar em conta diversos fatores como: tamanho da área; topografia; cultura; estágio de desenvolvimento da cultura; modalidade de aplicação (jato dirigido ou área total); capacidade de investimento; disponibilidade de mão-de-obra qualificada e disponibilidade de assistência técnica.

Existem equipamentos capazes de fazer aplicações de herbicidas com alto grau de eficiência, mesmo para situações com baixa capacidade de investimento. Neste caso, o principal fator para o sucesso é a capacitação das pessoas envolvidas no processo, desde os técnicos que fazem as recomendações dos herbicidas e monitoramento dos equipamentos e da aplicação, passando pelas revendas, para que possam disponibilizar equipamentos de boa qualidade e pelos produtores, para que possam ter acesso às informações, até chegar os operadores dos equipamentos, que irão fazer a aplicação propriamente dita.

É comum, dar muita importância ao herbicida a ser aplicado e pouca, à técnica de aplicação.

Pulverizador Costal Manual

O pulverizador costal manual (Figura 1A) é composto por um tanque, normalmente com capacidade para 20 litros de calda, uma bomba de pistão ou êmbolo, acionada manualmente por meio de uma alavanca. Pode apresentar um único bico ou barra com dois ou mais bicos. De todos os pulverizadores disponíveis para os produtores, este é o que apresenta maior grau de dificuldade de operação, devido, principalmente, o baixo nível de instrução dos operadores e à falta de controles refinados, como: pressão de trabalho, velocidade de operação e altura de barra.

Os pulverizadores costais manuais apresentam baixo rendimento operacional em consequência do tamanho do reservatório reduzido e da pequena faixa de aplicação. A utilização de barras com dois ou três bicos, associadas às pontas de pulverização com maior ângulo de abertura, que aplicam faixas mais largas, são alternativas para aumentar a faixa aplicada. No entanto, se a vazão e a pressão requerida pela ponta de pulverização forem altas, o operador não consegue dar pressão necessária. Nesse sentido, têm se priorizado pontas de pulverização de baixa vazão e com grandes ângulos de abertura do jato e que operam a baixas pressões, como as Turbo Teejet TT 11002, que segundo Freitas et al. (2005), podem operar com pressões a partir de 1,0 bar (14,22 lb pol⁻²), espaçadas de 1,0 metro, à altura de 0,5 m do alvo com excelente distribuição, produzindo baixo volume de calda (Tabela 2). Com isso, têm-se adotado barras, preferencialmente de alumínio, por serem mais leves, com duas pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (Figura 1B), que pulverizam uma faixa de 2,0 m de largura, com volume de calda inferior a 100 L ha⁻¹, aumentando a capacidade operacional e reduzindo a distância percorrida pelo operador.

Adotando-se esta estratégia, o operador gasta em torno de cinco pulverizadores para fazer um hectare e caminha apenas 5,0 km. Enquanto que, utilizando pontas tradicionais, que cobrem uma faixa de 0,5 m, é necessário caminhar 20 km para fazer a mesma área e com um número de paradas para reabastecimento bem maior, em consequência o dobro do volume de calda empregado.

A falta de uniformidade de pressão é um dos maiores problemas verificados em aplicações realizadas com o pulverizador costal manual, haja vista que a bomba desse equipamento é composta

por apenas um pistão, ocasionando oscilação na pressão nos seus diferentes ciclos e, conseqüentemente, variação na vazão e dose aplicada do herbicida. Este problema pode ser contornado mediante o uso de controladores de vazão, também conhecidos, como válvulas reguladoras de pressão, os quais serão discutidos adiante. Esse sistema permite ao operador manter a pressão constante durante toda a aplicação, evitando variações na dosagem com o tempo e, também, oscilações que ocorrem nos diferentes ciclos do pistão.



FIGURA 1 - Pulverizador costal manual (A); barra de alumínio para pulverizador costal com duas pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (B).

Pulverizador Costal Pressurizado

O pulverizador costal pressurizado possui reservatório metálico com capacidade para 16 litros de calda. O depósito é pressurizado com ar comprimido, antes do abastecimento, à pressão 40 lb/pol². A calda, previamente preparada em outro depósito, com capacidade que normalmente varia de 2000 a 5000 litros, é injetada no tanque do pulverizador por uma bomba. Uma vez pressurizado, o depósito pode ser reabastecido várias vezes. Após o abastecimento, a pressão no tanque chega a 120 lb/pol².

Quanto maior a quantidade de calda dentro do tanque do pulverizador maior é a pressão e, à medida que o tanque vai sendo esvaziado, também a pressão vai reduzindo; com isso, é imprescindível o uso da válvula reguladora, que permite manter a pressão de trabalho constante, aumentando a uniformidade de aplicação.

Trata-se de um equipamento de alto custo, que envolvendo equipe de trabalho com pelo menos 10 aplicadores, pois requer também um trator ou caminhão tanque para transporte e injeção da calda no tanque dos pulverizadores. É usado em grandes áreas canaveiras, de eucalipto e em cafezais, com topografia irregular.

Como a aplicação de herbicidas não requer pressões elevadas, superiores a 40 lb/pol², esse equipamento não vem sendo muito usado, pois o pulverizador costal manual, se usado adequadamente apresenta a mesma eficiência, com custos muito mais baixos.

Pulverizadores acoplados sobre rodas

Nos últimos anos, foram desenvolvidos pulverizadores acoplados sobre rodas. Estes equipamentos são de baixo custo em relação aos tratorizados e adequados para pequenas áreas, podendo ser tracionados pelo homem ou por animais.

Os pulverizadores tracionados pelo homem são compostos por um pulverizador costal adaptado sobre uma ou duas rodas, que acionam a bomba de pistão, gerando a pressão (Figura 2A), tendo recebido a denominação de “ciclo-jet” (Ferreira et al., 2007). A pressão pode ser alterada, para mais ou para menos, aumentando-se ou diminuindo-se o curso do pistão.

Esse tipo de pulverizador reduz o esforço do operador que não carrega o peso nas costas, além de realizar a operação com maior rendimento operacional, com uma faixa aplicada de até quatro metros por passada. No entanto, as duas maiores vantagens desse equipamento são a redução da exposição do operador, que caminha cerca de três metros adiante da barra de pulverização e a manutenção do volume de calda aplicado, mesmo com a alteração da velocidade, pois a variação da velocidade apresenta uma relação direta com a pressão, como consequência da variação dos giros da roda, fazendo com que o volume de calda pulverizado não sofra grandes variações. A estes pulverizadores podem ser adaptados acessórios para aplicação de herbicidas na forma de jato dirigido, os quais serão discutidos mais adiante.



FIGURA 2 – Pulverizador “ciclo jet” acoplado com barra de quatro pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (A); pulverizador acoplado sobre rodas, tracionado por animal (“carroçajet”) com barra de seis pontas de pulverização espaçadas de 1,0 m (B).

Um outro pulverizador também adaptado sobre rodas é o “carroça-jet” (Ferreira et al., 2007), construída de modo semelhante “ciclo-jet”, porém com depósito maior e tracionado por animal (Figura 2D). É encontrado no mercado com tanque com capacidade de armazenamento de até 200 litros e autonomia para até 3,0 ha, dependendo da ponta de pulverização e da configuração empregada (espaçamento entre bicos e vazão). Este equipamento permite operar com barra de até seis metros de largura, com topografia plana a ligeiramente inclinada.

Pulverizador “burrojet”

O “burrojet” é um equipamento de pulverização com um depósito com capacidade para 90

litros de calda (Figura 2 A), adaptado para ser transportado no lombo de um animal. A pressão é dada por uma bomba elétrica adaptada no equipamento, alimentada por uma bateria de automóvel, que é recarregada durante a noite e tem autonomia para 12 horas de trabalho.



FIGURA 3 – Pulverizador “Burro Jet” em detalhe (A) e acoplado com barra para aplicação em área total (D).

O “burrojet” possui duas mangueiras de saída, nas quais podem ser adaptados bicos ou barras de pulverização. A Figura 3B ilustra uma barra com seis pontas de pulverização TT110 02 espaçadas de 1,0 m, pulverizando uma faixa de 6 m, sendo conduzida por duas pessoas posicionadas nas extremidades da barra. Esta adaptação permite aplicar herbicidas em áreas inclinadas com alto rendimento, devido à redução do volume de calda em função aumento do espaçamento entre as pontas de pulverização e com boa uniformidade de altura de barra.

COMPONENTES IMPORTANTES NOS PULVERIZADORES

Os componentes básicos do circuito hidráulico da maioria dos pulverizadores usados em pequenas propriedades e regiões declivosas são: tanque, bomba, mangueiras, filtros, manômetro, barra com pontas de pulverização e válvulas controladoras de pressão. . Embora, outros componentes importantes possam estar disponíveis em alguns modelos, alguns destes componentes serão descritos com mais detalhes, devido à maior importância na eficiência da aplicação.

Manômetro

Os manômetros são instrumentos que indicam a pressão de trabalho. As normas técnicas definem que os manômetros devem ser dimensionados para leitura na faixa de 25 a 75% de sua escala. Isto indica que um manômetro de 0 a 500 lb pol⁻² é indicado para leituras entre 100 e 400 lb pol⁻². Como a maioria das pontas de pulverização utilizadas na aplicação de herbicidas operam nas pressões entre 20 e 60 lb pol⁻², os manômetros mais indicados para esta condição são aqueles com leituras entre 0 e 100 lb pol⁻².

Reguladores de pressão

Existem no mercado, dois tipos de reguladores de pressão, as válvulas reguladoras e os reguladores do tipo registro. As Válvulas reguladoras (Figura 4A) consistem em uma válvula de diafragma que se abre à pressão pré-estabelecida e um pistão que restringe o fluxo quando a pressão excede à preestabelecida, funcionando também, como sistema antigotejante, evitando a saída de calda após o fechamento da válvula do gatilho do pulverizador, ou quando, por qualquer outro motivo, a pressão do sistema caia abaixo da desejada. Sendo fixada, normalmente, na extremidade da lança, junto à ponta de pulverização.

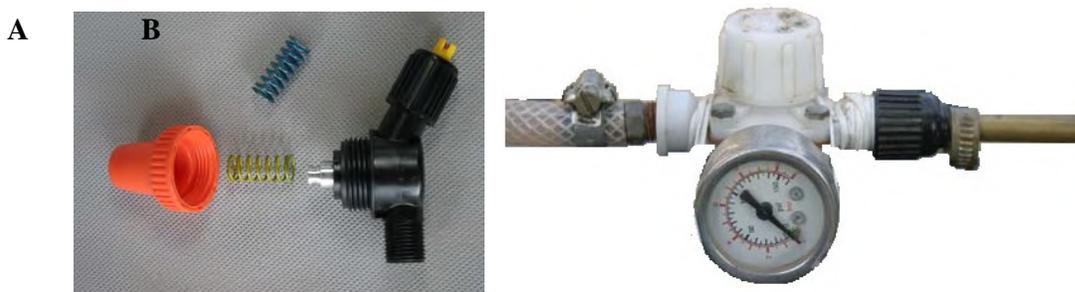


FIGURA 4 - Válvula reguladora de pressão com molas amarela (1 bar / 14,22 lb pol⁻²) e azul (2 bar / 28,44 lb pol⁻²) (A); regulador do tipo registro (B).

Este sistema permite ao operador manter a pressão constante durante toda a aplicação, evitando variações na dosagem com o tempo e, também, oscilações que ocorrem nos diferentes ciclos do pistão. É muito importante para os pulverizadores costais.

As pressões de trabalho das válvulas reguladoras são pré-estabelecidas pelo fabricante, devendo-se selecionar a mais adequada para cada tipo de pulverização e ponta (“bico”) utilizada. Para facilitar a identificação, as mesmas seguem um código de cores:

- Amarelo – 1 bar ou 100 kPa ou 14,22 lb pol⁻²
- Azul – 2 bar ou 200 kPa ou 28,44 lb pol⁻²

Os reguladores do tipo registro (Figura 4B), são formados por um registro montado, normalmente, próximo à válvula do gatilho, que funcionam restringindo ou aumentando o fluxo de líquido que chega à ponta de pulverização. Atualmente, esses registros estão sendo comercializados com um manômetro acoplado ao sistema, de modo a se observar a pressão de trabalho. Apresentam a vantagem de poder selecionar, em um único dispositivo, diferentes pressões de trabalho. No entanto, são mais caros e pesados que as válvulas reguladoras, permitem a alteração acidental da pressão de trabalho e limitam apenas a vazão máxima, isto é, pode aplicar o agrotóxico abaixo da pressão recomendada.

Protetores para aplicação de herbicidas em jato dirigido

A aplicação de herbicidas não seletivos na forma de jato dirigido é muito empregada em

culturas perenes como café, eucalipto e fruteiras. Entretanto não é uma tarefa fácil, principalmente quando o herbicida é sistêmico, porque, ao atingir parte da planta, ocorre a absorção e redistribuição para os demais órgãos, podendo causar sérios danos à cultura. Para que esta aplicação seja segura é necessário que o operador seja uma pessoa bem treinada e que o equipamento possua condições adequadas, como válvulas reguladoras de pressão, no caso dos pulverizadores costais, pontas que produzam gotas pouco propensas à deriva (grossas ou muito grossas) e, preferencialmente, de ar induzido. Além de todos esses cuidados, muitas vezes é imprescindível o uso de estruturas que protejam a cultura, como o chapéu de Napoleão (Figura 5 A), “mão-baixa” (B) e sistemas ante deriva adaptados para o “ciclojet” (Figuras 5 C e D)



FIGURA 5 – Equipamentos para aplicação dirigida de herbicidas: chapéu de Napoleão (A); “mão-baixa” (B); pulverizador “ciclo jet” com protetor para aplicação dirigida (C e D).

Filtros

Na maioria dos pulverizadores, estes devem ser colocados na boca do tanque, antes da bomba, na linha de pulverização e nos bicos. Nos costais devem ser colocados na boca do tanque, e nos bicos. Eles apresentam quatro funções muito importantes:

a) Garantir maior uniformidade nas aplicações, não permitindo que o entupimento das pontas de pulverizações cause a distribuição desuniforme da calda.

b) Garantir maior capacidade operacional dos pulverizadores, diminuindo o tempo parado para desentupir as pontas de pulverização, tratando assim maior área por dia.

c) Garantir segurança ao trabalhador, não o expondo ao trabalho de desentupir as pontas de pulverização, evitando-se assim o contato direto com a calda, ficando o trabalhador com a função de apenas conduzir o conjunto pulverizador.

d) Garantir maior durabilidade às pontas de pulverização, diminuindo as impurezas e, assim, a abrasão, além de evitar o uso de material não recomendado, como objetos metálicos para desentupir as pontas de pulverização.

As malhas dos filtros devem ser escolhidas em função da formulação do herbicida a ser aplicado. Pó molhável e seus derivados (suspensão) devem usar filtros com malha 50. Para as formulações pó solúveis, solução-aquosa e concentrados emulsionáveis podem ser usadas malhas 80 ou 100. O modelo e tamanho das pontas de pulverização também influenciam a escolha da malha do filtro. As pontas com orifícios menores exigem filtros mais finos (malha 100) e nas de maior vazão as malhas podem ser mais grossas (malha 50). É importante seguir as recomendações dos catálogos.

Pontas de pulverização

Habitualmente o termo "bico de pulverização" é utilizado como sinônimo de "ponta de pulverização", entretanto, correspondem a estruturas diferentes. O bico é composto por todo o conjunto com suas estruturas de fixação na barra (corpo, filtro, ponta e capa), conforme ilustrado na Figura 6, enquanto que ponta corresponde ao componente do bico responsável pela formação e distribuição das gotas. Sendo, portanto, a parte mais importante do pulverizador.



FIGURA 6 - Componentes de um bico de pulverização.

O uso de pontas de pulverização inadequadas, desgastadas ou danificadas é uma das principais causas da baixa eficiência na aplicação dos agrotóxicos, pois elas determinam o tamanho da gota, a vazão e a distribuição da calda pulverizada.

Existem vários modelos de pontas de pulverização disponíveis no mercado. Cada uma produz tamanho de gotas e padrão de deposição diferentes. 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 as diferenciam, devendo ser selecionada em função do produto que se deseja aplicar, da superfície a ser tratada e do volume de calda necessário.

Os principais modelos de pontas de pulverização para bicos hidráulicos são:

a) Pontas de jato plano: que podem ser do tipo 'leque' ou 'de impacto', produzem jato em um só plano e o seu uso é mais indicado para alvos planos.

Nas pontas de impacto, o líquido é lançado em um plano inclinado e se abre na forma de leque. O padrão de deposição das pontas de impacto convencionais é muito irregular. Podem trabalhar em baixa pressão e têm ângulos grandes (130°). São mais adequadas para aplicação de herbicidas em pré-emergência ou sistêmicos em pós-emergência. Entretanto, algumas pontas defletoras mais modernas, como as Turbo Floodjet - TF-VS (Figura 7A) e Turbo Teejet – TT (Figura 7B), que produzem gotas maiores que as defletoras normais, formando ângulo de até 145° , são adequadas para compor barras de aplicação em área total, com excelente distribuição e baixo coeficiente de variação ao longo da barra.

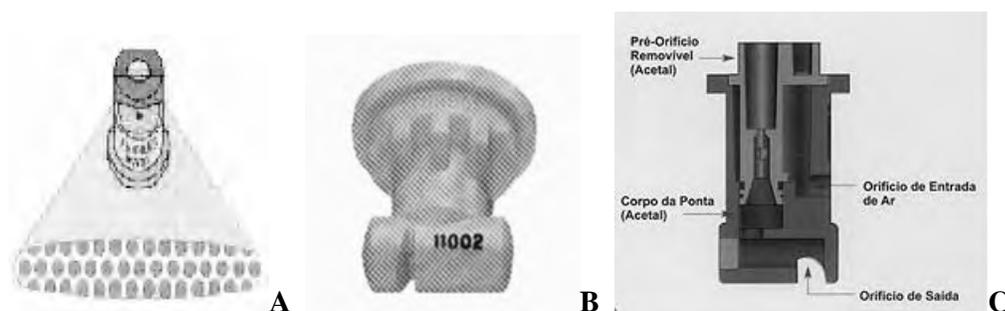


FIGURA 7 – Pontas de jato leque de impacto: turbo Floodjet - TF (A), turbo Teejet - TT (B) e corte da turbo Teejet com indução de ar – TTI (C).

Segundo Freitas et al. (2005), a ponta TT 11002 é uma alternativa para redução de volume de calda através do aumento do espaçamento entre bicos, mantendo boa uniformidade de distribuição com maior capacidade operacional do equipamento de aplicação (Tabelas 2 e 3). Outra característica interessante das pontas TT, é a possibilidade de produzir vazões baixas, gerando gotas grossas, quando operando à pressão igual ou inferior a $28,44 \text{ lb pol}^{-2}$ (200 kPa), o que reduz a propensão à deriva. Entre 2,5 e 5 bar, as gotas geradas são de tamanho médio (Spraying Systems CO, 2006), podendo, nesse caso, ser utilizada para aplicação de herbicidas de contato.

Recentemente, foram lançadas as pontas TTI, com características semelhantes às TT, porém, com o sistema de ar induzido (Figura 7C), através de um orifício para injetar ar no interior das gotas, produzindo gotas grandes cheias de ar, possibilitando melhor controle de deriva que as pontas convencionais, e também, promovendo uma boa cobertura no alvo.

As pontas do tipo leque podem ser de deposição contínua ou descontínua. A ponta com deposição contínua (“Even”) pulveriza uma faixa uniforme (Figura 6A), sendo indicada para pulverização em faixas, sem haver sobreposição com os bicos vizinhos, como é o caso de herbicidas seletivos, como o oxyfluorfen, aplicado apenas sobre a linha de plantio em mudas de café e eucalipto.

Tabela 2 - Uniformidade de distribuição da ponta de pulverização TT 11002 nas pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, a 50, 40 e 30 cm de altura de barra, espaçados de 40, 50, 80, 100, 120 e 150 cm na barra de pulverização (Adaptada de Freitas et al., 2005).

Pressão (kPa)	Espaçamento entre bicos (cm)	Coeficiente de variação (%)			Pressão kPa	Espaçamento entre bicos (cm)	Coeficiente de variação (%)		
		Altura de barra (cm)					Altura de barra (cm)		
		50	40	30			50	40	30
100*	40	5,19	7,30	8,81	300	40	2,68	0,87	2,05
100	50	5,03	6,37	18,78	300	50	1,75	2,25	5,36
100	80	18,45	12,04	22,73	300	80	3,80	1,69	8,68
100	100	6,49	17,85	51,83	300	100	5,20	6,04	26,74
200	40	1,23	1,82	5,21	400	40	2,70	1,49	1,97
200	50	1,25	4,01	2,05	400	50	2,73	1,25	5,55
200	80	5,62	5,19	7,42	400	80	3,50	1,80	10,09
200	100	6,89	5,50	27,80	400	100	5,02	5,82	25,11

* 100 kPa = 1,0 bar = 14,22 lb pol⁻²

Tabela 3 - Volume de calda, em L ha⁻¹, obtido a partir das vazões médias verificadas para as pressões de 100, 200, 300 e 400 kPa, para os espaçamentos de 40, 50, 80, 100 e 120 cm, nas velocidades de 4 e 6 km h⁻¹ (Adaptada de Freitas et al., 2005).

Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)	Volume de calda em (L ha ⁻¹)							
		40 cm		50 cm		80 cm		100 cm	
		4 km h ⁻¹	6 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	6 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	6 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	6 km h ⁻¹
100	0,424	159	106	127	85	-	-	-	-
200	0,636	239	159	191	127	119	80	95	64
300	0,785	294	196	236	157	147	98	118	79
400	0,920	345	230	276	184	173	115	138	92

As pontas com perfil de deposição descontínua produzem um padrão de deposição desuniforme, também chamada de distribuição normal, decrescendo do centro para as extremidades (Figura 8B). São recomendadas para trabalhar em barras, com sobreposição. Deve-se observar não somente o padrão de deposição de uma ponta de pulverização isolada, mas a somatória da aplicação. O coeficiente de variação da somatória da aplicação não deve exceder a 10%.

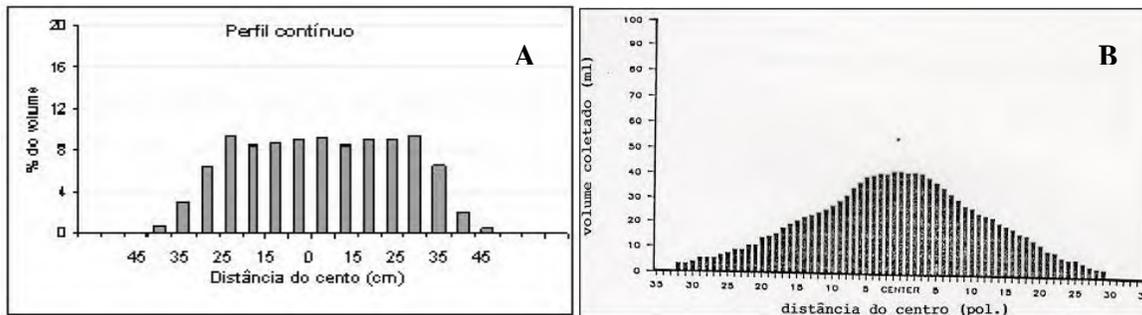


FIGURA 8: Ponta de pulverização com perfil contínuo (A), para aplicação em faixa, sem sobreposição e ponta de pulverização com perfil descontínuo (B), para uso em barra, com sobreposição.

As pontas do tipo leque (Figura 9) são comercializadas com diferentes ângulos, sendo os mais comuns os de 80° e 110° , embora alguns modelos, principalmente as defletoras apresentem ângulos maiores, chegando a 140° . Quanto à vazão, as pontas, normalmente, apresentam código de cores que facilita a visualização, seguindo o seguinte padrão: a cor laranja indica vazão de 0,10 galão por minuto; as verdes, 0,15 galão por minuto; as amarelas, 0,20 galão por minuto; as azuis, 0,30 galão por minuto; e as vermelhas, 0,4 galão por minuto, isto se estiverem trabalhando a 40 lb pol^{-2} . Cada galão equivale 3,785 litros.

Os tamanhos de gotas produzidas pelas pontas de pulverização são variáveis e dependentes do tamanho do orifício, da pressão de trabalho e da característica do líquido. Como já foi discutido, o tamanho da gota tem relação direta com a deriva, evaporação e cobertura do alvo. Portanto, escolher uma ponta que produza uma gota de tamanho adequado ao produto a ser utilizado e ao alvo a ser atingido é de fundamental importância.

As pontas de jato plano 'leque' podem ainda apresentar outras características como:

- leque duplo (Figura 9B): possui dois orifícios idênticos produzindo um leque voltado para frente e outro para trás em relação à vertical, visando aumentar a cobertura do alvo. São pouco utilizadas para aplicação de herbicidas, a menos que se deseje alta cobertura do alvo, como na dessecação, utilizando herbicida de contato, como paraquat. Recentemente, alguns fabricantes têm disponibilizado no mercado pontas de leque duplo com ar induzido, que permitem melhorar a cobertura do alvo, com uso de gotas maiores, sem elevar muito a vazão.
- Injeção de ar (Figura 9C): possui uma câmara onde a calda é misturada ao ar succionado por um sistema venturi, proporcionando gotas mais grossas e reduzindo o número de gotas pequenas. Este tipo de ponta é mais adequada para produtos com alta capacidade de redistribuição na planta como os herbicidas sistêmicos, principalmente, em aplicações dirigidas, por evitar a deriva. São adequadas também para aplicação de herbicidas em pré-emergência.



FIGURA 9 – Pontas de jato leque (A), leque duplo (B) e leque com indução de ar (C).

b) Pontas de jato cônico: são tipicamente compostas por dois componentes denominados de ponta (disco) e núcleo (difusor, caracol, espiral ou core).

São mais frequentemente encontradas como peças separadas, mas também, podem ser encontradas incorporadas em uma única peça. O núcleo possui um ou mais orifícios em ângulo, que fazem com que o líquido ao passar por eles adquira um movimento circular ou espiral. Após tomar esse movimento, o líquido passa através do orifício circular do disco e então se abre em um cone.

Taxas variadas de fluxo, de ângulos de deposição e de tamanhos de gotas podem ser obtidas através de combinações entre o tamanho do orifício do disco, número e tamanho dos orifícios do núcleo, tamanho da câmara formada entre o disco e o núcleo e a pressão do líquido. Em geral, pressões mais elevadas com orifícios menores no núcleo e maiores no disco proporcionam ângulos de deposição mais amplos e gotas menores.

As pontas do tipo cone podem ser de basicamente dois tipos: "**cone vazio**" e "**cone cheio**" (Figura 10).

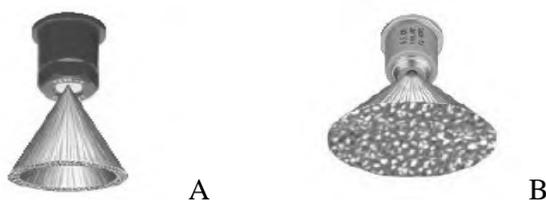


FIGURA 10 – Pontas de jato cônico vazio (A) e cone cheio (B)

A formação de gotas nas pontas cone vazio, somente ocorre na periferia do cone, proporcionando perfil de deposição contínuo (Figura 8A). Nas pontas de cone cheio, o núcleo possui também um orifício central, que preenche com gotas o centro do cone, proporcionando um perfil de deposição descontínuo (Figura 8B), com maior acúmulo de volume aplicado no centro do bico, sendo mais recomendado em pulverizações com barras.

As pontas de jato cônico são utilizadas na pulverização de alvos irregulares, pois como as gotas se aproximam do alvo de diferentes ângulos, proporcionam uma melhor cobertura das superfícies e penetração no dossel da planta.

Em geral, as pontas de jato plano são mais utilizadas na aplicação de herbicidas, embora as pontas de jato cônico também possam ser empregadas, desde que possuam boa uniformidade de distribuição e espectro de gotas adequado.

TAMANHO DAS GOTAS

O tamanho das gotas produzidas varia em função da ponta de pulverização e da pressão utilizada, podendo ser classificadas em: muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas e extremamente grossas, em função do diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, denominado de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).

Existem duas classificações de tamanhos de gotas: uma realizada pelo Conselho Britânico de Proteção de Culturas (British Crop Protection Council - BCPC) e outra pela Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos (ASAE). Esta última, mais simples e prática, tem sido utilizada por vários fabricantes de pontas de pulverização para descrever os diferentes tamanhos de gotas de pulverização e facilitar a escolha certa do tipo de ponta por parte do usuário. Algumas empresas fabricantes de agrotóxicos introduziram a classificação da ASAE de recomendação de classe de tamanho de gotas a serem produzidas em seus rótulos. Na Tabela 4 encontram-se as classes de tamanho de gotas proposta pela ASAE e os respectivos códigos de cores.

Tabela 4 – Classes de gotas propostas segundo norma da ASAE e suas aplicações na pulverização agrícola

Categoria	Cor	DMV (µm) Aproximado	Risco de Deriva / evaporação	Aplicações Agrícolas
Muito Fina	Vermelho	< 100	Muito alto	Não recomendado
Fina	Laranja	100 – 175	Muito alto	Fungicida de contato
Média	Amarelo	175 – 250	Alto	Inseticidas e herbicidas de contato
Grossa	Azul	250 – 375	Médio	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes
Muito Grossa	Verde	375 – 450	Baixo	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes
Extrema. Grossa	Branco	>450	Baixo	Herbicidas sistêmicos e pré-emergentes

Fonte: Spraying Systems CO (2006)

Há algumas diferenças fundamentais entre as classificações BCPC e ASAE. Ambos fornecem um código de cores e uma letra para indicar o tamanho das gotas. No entanto, o foco da

norma BCPC, desenvolvida por Doble et al. (1985), foi baseado na pulverização necessária para maior eficácia dos produtos fitossanitários, determinada por onde a maioria do espectro de gota é depositada.

A norma ASAE tem como foco o potencial de deriva, com a eficiência sendo um conceito secundário. Essa norma estabelece o limite de uma classe como a curva do diâmetro acumulado da ponta de referência mais o desvio-padrão; o BCPC não considera o desvio-padrão. Com isso, como resultados gerais, as pontas tendem a ser classificadas como (gotas) mais finas na norma ASAE.

As gotas com maiores diâmetros são menos arrastadas pelo vento e apresentam menores problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo. Por outro lado, proporcionam menor cobertura da superfície a ser tratada, possuem baixa capacidade de penetração no dossel da cultura e elevam a possibilidade de escorrimento. Enquanto que as gotas de menor diâmetro são mais facilmente arrastadas pelo vento e com maior probabilidade de evaporação durante a aplicação. Porém, sob condições climáticas adequadas, proporcionam melhor cobertura do alvo, maior capacidade de penetração no dossel da cultura e reduzem a possibilidade de escorrimento.

O tamanho ideal das gotas a ser usado depende das condições ambientais (vento, umidade relativa e temperatura) e da cobertura desejada. Por outro lado, a cobertura desejada depende do tipo de produto a ser aplicado, se é sistêmico ou de contato (Tabela 4). Não existem pontas de pulverização que produzem todas as gotas uniformes, porém, existem pontas com menores variações.

Normalmente, os fabricantes informam o tipo de gota gerado pelas pontas (muito fina, fina, média, grossa, muito grossa), nas diferentes pressões recomendadas, para permitir a avaliação da cobertura do alvo, do risco de deriva e evaporação.

COBERTURA DO ALVO

A cobertura do alvo é calculada pela fórmula de Courshee (1967):

$$C = 15(VRK^2)/AD$$

Onde, C = cobertura (% da área); V = volume aplicado (L/ha); R = taxa de recuperação (% do volume aplicado captado pelo alvo); K = fator de espalhamento de gotas; A = superfície vegetal existente por hectare e D = diâmetro de gotas.

Segundo essa fórmula, para se conseguir elevadas coberturas deve-se manter altos os valores do numerador ou baixos os do denominador. Em aplicações a alto volume se consegue elevada cobertura, mesmo com gotas grandes. O aumento da taxa de recuperação (R) se consegue utilizando tamanho de gotas que atinge eficientemente o alvo. O aumento do fator de espalhamento de gotas

(K) pode ser conseguido com adição de agentes tensoativos que diminuem a tensão superficial, permitindo melhor espalhamento da gota. Quanto aos fatores do denominador, observa-se que o aumento da área foliar implica em redução da cobertura, caso os demais fatores permaneçam constantes. Em áreas foliares grandes normalmente aumenta-se o volume pulverizado. O tamanho da gota também é fator importantíssimo, gotas menores proporcionam maior cobertura, porém, apresentam também, tempo de vida menor e maior capacidade de deriva.

USO DE SURFATANTES

Os surfatantes são adjuvantes adicionados à calda com o objetivo de reduzir a tensão superficial, melhorando o espalhamento e molhamento das gotas na superfície pulverizada. Nota-se sua importância analisando a fórmula para calcular a cobertura, proposta anteriormente.

A tensão superficial é responsável pela força de coesão entre as moléculas da superfície de um líquido e varia de acordo com a substância, assim, o etanol, por exemplo, apresenta tensão superficial de $22,5 \text{ dinas cm}^{-1}$ e a água de 72 dinas cm^{-1} , a 25°C . Ao se adicionar surfatantes à água, sua tensão pode cair a valores de 30 a 35 dinas cm^{-1} , dependendo do surfatante, aumentando seu espalhamento na superfície.

O surfatante adicionado à calda, principalmente, quando a aplicação é sobre superfícies cerosas, com tensão superficial elevada, facilita o uso de gotas maiores, reduzindo perdas por deriva e, ainda, com boa cobertura, devido ao maior espalhamento das gotas, conforme ilustrado na Figura 11.



FIGURA 11 - Área de contato da gota na superfície pulverizada, sem uso de surfatante (esquerda) e com uso de surfatante (direita).

DERIVA – CAUSAS E CONTROLE

Na aplicação de agrotóxicos, a deriva de pulverização é o termo usado para aquelas gotas que não foram depositadas no alvo. Estas gotas provavelmente são pequenas, com diâmetro menor

que 100 µm, e facilmente movidas para fora do alvo pela ação do vento, associado às outras condições climáticas.

A deriva pode causar a deposição de produtos químicos em áreas não desejadas, com sérias conseqüências como:

- danos nos cultivos sensíveis que ficam em áreas adjacentes;
- contaminação de reservatórios e cursos de água; e
- riscos à saúde de animais e pessoas.

As causas da deriva são muitas e estão relacionadas com os equipamentos de aplicação, as formulações e as condições meteorológicas. As principais são:

a) *Tamanho da gota* – quanto menor a abertura do orifício do bico e maior a pressão, menores serão as gotas produzidas e, portanto, maior a tendência de perda por deriva. Gotas menores que 100 µm são facilmente derivadas.

b) *Altura da ponta de pulverização* – à medida que aumenta a distância entre a ponta de pulverização e a área-alvo, maior será a influência da velocidade do vento sobre as gotas e maior a tendência de deriva.

c) *Velocidade de operação* – velocidade mais alta contribui para que as gotas sejam arrastadas para trás e levadas pela corrente de vento ascendente, formando um turbilhão sobre o pulverizador, arrastando as gotas pequenas e aumentando a deriva. Normalmente, a velocidade de aplicação dos equipamentos propostos para pequenas propriedades e áreas declivosas é baixa e não chega a ser preocupante com relação às perdas por deriva.

d) *Velocidade do vento* – é o fator de maior impacto entre os fatores meteorológicos. A deriva aumenta linearmente com a velocidade do vento. No entanto, não é de interesse a ausência de vento no momento da aplicação.

e) *Temperatura e umidade do ar* – temperaturas ambientes acima de 25 °C e baixa umidade relativa tornam as gotas pequenas propensas à deriva e à volatilização. Por isso, em condições de temperatura muito alta deve-se aumentar o tamanho da gota ou suspender a aplicação, para evitar grandes perdas por deriva e, ou volatilização.

f) *Volume de aplicação* – quando se usa volume de aplicação muito pequeno, existe uma tendência ao uso de gotas pequenas. Nessas condições, deve-se ter atenção especial com a deriva. Embora, algumas pontas de pulverização, mais modernas, permitam a obtenção de baixo volume de calda com gotas grandes ou até mesmo muito grandes, como as defletoras e de ar induzido, associando baixa vazão e grandes ângulos de abertura do jato.

h) Formulação utilizada – se esta apresentar alta pressão de vapor, devem-se adotar todas as medidas possíveis para minimizar a volatilização (ex.: aplicar em condições de menor temperatura e maior umidade relativa do ar).

QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA PULVERIZAÇÃO

Um dos fatores que mais influenciam a eficiência de um herbicida é a uniformidade de distribuição da pulverização, tanto no sentido do deslocamento do pulverizador, que pode ser prejudicada pela variação na velocidade do equipamento, quanto ao longo da barra ou faixa de aplicação.

A uniformidade de distribuição ao longo da barra é afetada por diversos fatores como:

- Pontas danificadas
- Uso de pontas de pulverização imprópria para aplicação em barra
- Pressão de trabalho inadequada
- Altura de barra inadequada
- Oscilação na barra
- Espaçamentos entre bicos

Na Figuras 12A e 12B, observa-se Baixa uniformidade de distribuição ao longo da barra devido ao uso de pontas de pulverização com padrão de deposição descontínuo na da barra, com sobreposição e ao espaçamento inadequado entre bicos e/ou barra baixa, respectivamente. O que implicará em excesso de dosagem nos intervalos de maior acúmulo e subdosagem nos intervalos com menor acúmulo, podendo causar ineficiência no controle ou, até mesmo, intoxicação na cultura pelo excesso de dosagem do herbicida. Enquanto que na Figura 10C, verifica-se excelente uniformidade de distribuição, com uso de pontas com padrão de deposição descontínuo, com sobreposição e altura de barra adequada.

Uma boa uniformidade de distribuição, quando se usa pulverizadores costais, é muito difícil de ser alcançada, principalmente, pela dificuldade de se manter a uniformidade de velocidade de caminhamento e altura de barra por parte do aplicador, enquanto que a uniformidade de pressão é facilmente alcançada através do uso de válvula reguladora de pressão. Para melhorar a eficácia desse equipamento é necessário investir em treinamento da mão-de-obra.

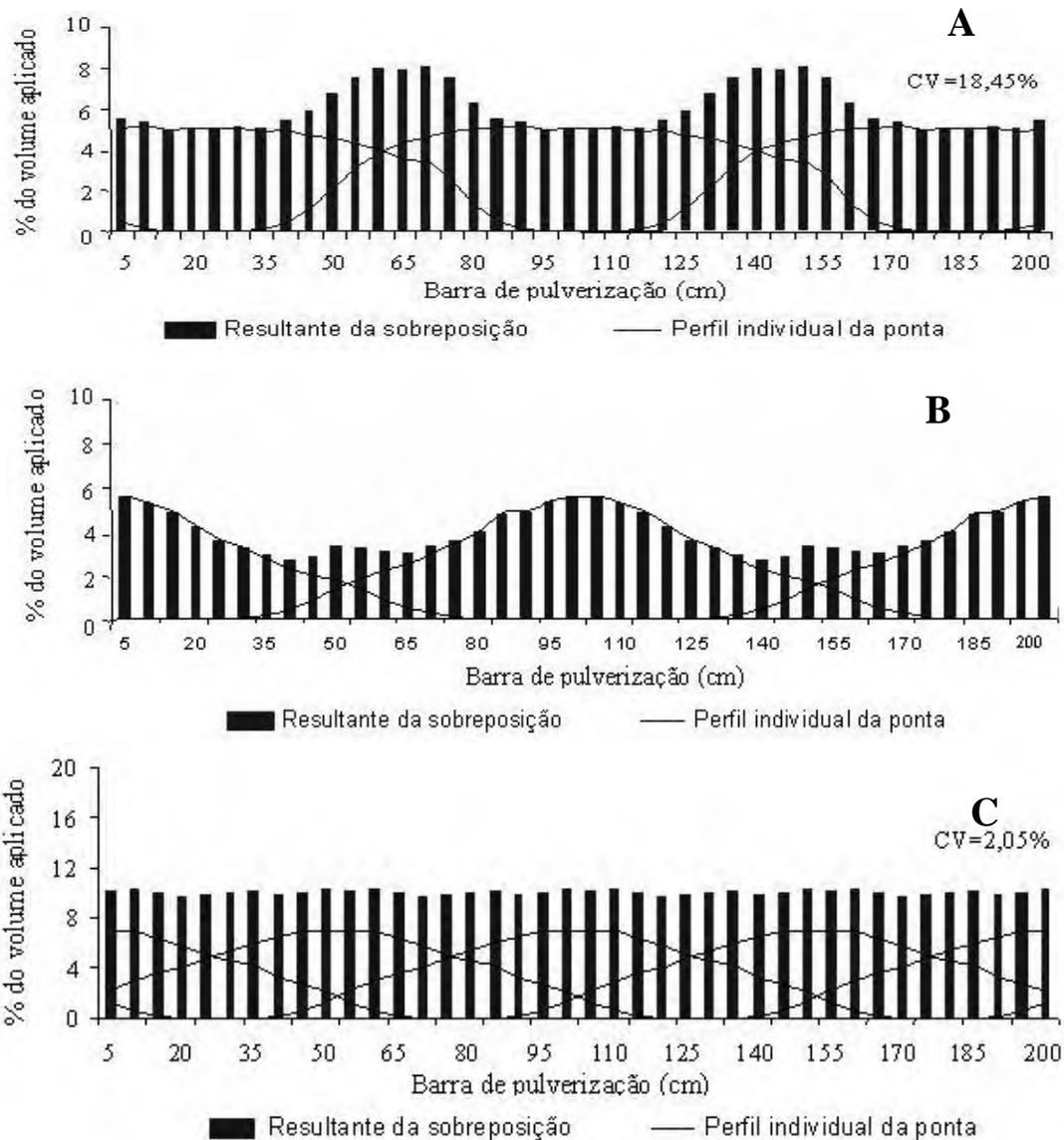


FIGURA 12: Baixa uniformidade de distribuição devido ao uso de pontas de pulverização com padrão de deposição contínuo na da barra, com sobreposição(A); baixa uniformidade de distribuição em função da falta de sobreposição (B); uniformidade de distribuição adequada (C).

PRESSÃO DE TRABALHO

A pressão de trabalho pode ser expressa em diversas unidades (1 bar =100 kPa = 15 psi = 14,22 lb pol⁻²), sendo a unidade internacionalmente aceita a kPa. Embora, as pressões expressas em lb pol⁻² e bar são mais usadas no Brasil, a nível de produtores.

A pressão de trabalho usada na aplicação de herbicidas por meio de pulverização deve ser em função da recomendação do fabricante da ponta de pulverização utilizada, que normalmente, é 200 a 400 kPa , embora algumas pontas possam trabalhar à pressões menores ou maiores. O

aumento da pressão de trabalho resulta no aumento da vazão. Entretanto, esse não é um bom artifício para aumentar o volume de calda aplicado, pois para dobrar a vazão de uma ponta de pulverização é necessário quadruplicar a pressão, o que significa reduzir muito o tamanho das gotas, tornando-as mais propensas à deriva e evaporação.

Infelizmente, têm se observado que a pressão utilizada, na maioria das vezes, excede à necessária, causando perdas por deriva e evaporação e danos ao meio ambiente e à saúde do homem. É comum encontrar pulverizadores sem sistemas de reguladores e medidores de pressão, outras vezes o pulverizador tem o manômetro, mas, ele não funciona.

A pressão de pulverização deve ser a especificada no catálogo do fabricante da ponta de pulverização, exceto se houver alguma indicação complementar por trabalho de pesquisa.

VOLUME DE CALDA

O volume de calda ou volume de aplicação depende de vários fatores interligados, como a cobertura desejada, tipo de produto a ser aplicado, tipo de alvo, tamanho de gotas e equipamento utilizado para aplicação. A tendência atual é a utilização de menor volume de calda, devido ao alto custo do transporte de água ao campo e a perda do tempo representada pelas constantes paradas para reabastecimento do pulverizador, principalmente, em áreas montanhosas e quando se utiliza pulverizadores cujos tanques possuem baixa capacidade de armazenamento. Também, o menor volume de calda é importante quando a água não é de boa qualidade (presença de sais minerais). Nesse caso, quanto maior o volume de calda, maior será a quantidade de sais minerais e, conseqüentemente, maior será a interferência negativa na qualidade da aplicação.

Para herbicidas sistêmicos aplicados em pós-emergência e herbicidas aplicados em pré-emergência, que não necessitam de grande cobertura, o uso de pontas de pulverização de baixa vazão associada grandes ângulos de abertura do jato, que produzem gotas grossas, é uma alternativa para a redução do volume aplicado, reduzindo perdas por deriva e aumentando o rendimento, através da redução do número de reabastecimentos e do aumento da faixa aplicada.

Furlanetti et al. (2001), avaliando combinações de pontas de pulverização em barra de aplicação dirigida para o herbicida glyphosate, verificaram que arranjos que proporcionaram volumes de calda reduzidos, inferiores a 100 L ha⁻¹, destacaram-se como mais eficientes. Outros trabalhos com volumes de calda menores têm proporcionado maior eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas (Carlson & Burnside, 1984; Mcwhorter & Hanks, 1993). Lima & Machado Neto (2001) verificaram que o herbicida fluazifop-p-butil foi igualmente eficiente no controle de gramíneas anuais na cultura da soja quando aplicado nos volumes de calda de 100 e 200 L ha⁻¹

Na aplicação da mistura de ametryn + sulfentrazone em pré-emergência na cultura da cana de açúcar com diversas pontas de pulverização, em diferentes pressões e espaçamento entre bicos, não foi verificada nenhuma diferença na eficiência da aplicação com volumes de calda entre 65 e 300 L ha⁻¹ (Tabela 5).

TABELA 5. Volume de calda e nível de controle de plantas daninhas em aplicação de ametryn + sulfentrazone em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar utilizando pontas de pulverização em diferentes condições operacionais (Dados do autor)

Ponta de pulverização	Pressão (kPa)	Espaç. entre bicos (m)	Volume de calda (L ha ⁻¹)	% controle
TT 02	100	1,0	65	95,0
TT 02	200	1,0	80	97,4
TT 02	100	0,5	130	95,0
TT 02	200	0,5	160	95,0
TF 02	100	1,0	110	92,4
TF 02	200	1,0	145	97,4
TF 02	100	0,7	157	97,4
TF 02	200	0,7	207	92,4
XR 11004	100	0,5	210	95,0
XR 11004	200	0,5	300	95,0

Já para os herbicidas de contato, aplicados em pós-emergência, que necessitam de maior cobertura, o volume de calda tende a ser maior. É recomendado usar pontas que produzem gotas médias, mais propensas à deriva, ou fazer uso de gotas maiores, com adição de surfatantes à calda, melhorando o espalhamento. Lembrando, que para aplicação de herbicidas não é recomendado usar gotas finas nem muito finas.

Souza & Dorneles (1995), avaliando os volumes de calda de 75, 150 e 250 L ha⁻¹ na aplicação de misturas de bentazon com os herbicidas acifluorfen, lactofen, fomesafen, imazethapyr, chlorimuron-ethyl, imazaquin e, também, da mistura chlorimuron-ethyl + acifluorfen, aplicados em pós-emergência na cultura da soja, constataram que não houve efeito do volume de calda no controle do leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e de guanxuma (*Sida* sp.). No entanto, melhores respostas foram verificadas a 75 e 150 L ha⁻¹ para o controle do picão-preto (*Bidens pilosa*).

A quantidade de herbicida a ser colocada no tanque do pulverizador deverá ser em função da dose recomendada pelo técnico que prescreveu a receita e do volume de calda aplicado, que é definido através da calibração do pulverizador.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Muitos são os fatores que podem contribuir para o sucesso ou fracasso na aplicação dos herbicidas. Dentre esses fatores, a observação das condições climáticas é fundamental para a decisão de iniciar ou paralisar uma pulverização.

A ocorrência de chuva após a aplicação pode comprometer a eficácia de alguns herbicidas. O intervalo necessário entre a aplicação e ocorrência de chuvas, varia de um produto para outro, podendo, inclusive, variar de uma formulação para outra para um mesmo ingrediente ativo. Assim, antes de iniciar uma aplicação, deve-se verificar na bula do produto se há alguma recomendação com referência à ocorrência de chuvas.

O vento é o fator meteorológico mais importante na aplicação de herbicidas. O aumento da velocidade do vento aumenta a deriva, portanto as pulverizações devem ser, preferencialmente, realizadas em horários com menos vento, geralmente no início da manhã e final da tarde. A condição mais segura para pulverização é com o vento de 3,2 a 6,5 km/h, que corresponde a uma brisa leve, capaz de movimentar apenas levemente as folhas. A direção do vento deve ser considerada mesmo se a velocidade estiver dentro do aceitável, de modo a evitar danos causados às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao operador.

A temperatura e umidade do ar, também, influenciam a eficácia das pulverizações. Em condições de temperaturas acima de 25 °C, com baixa umidade relativa, as gotas pequenas são propensas à deriva, devido ao efeito da volatilização. Nestas circunstâncias, deve-se aumentar o tamanho da gota ou suspender a aplicação, para evitar grandes perdas por evaporação.

TABELA 6 – Tempo de “vida” e distância percorrida pela gota de água na queda, em duas condições de temperatura e umidade relativa.

Condição	Condição 1		Condição 2	
Temperat. (°C)	20		30	
ΔT(°C)	2,2		7,7	
Umid. relativa (%)	80		50	
Diâmetro inicial (μm)	Tempo até extinção (seg)	Distância da queda (m)	Tempo até extinção (seg)	Distância da queda (m)
50	14	0,127	4	0,032
100	57	6,7	16	1,8
200	227	81,7	65	21

Fonte: Matuo et al (2002)

A rápida evaporação da água afeta em muito a qualidade da pulverização. O tempo de “vida” de uma gota depende do seu tamanho e das condições ambientais (Tabela 5), conforme pode ser observado na fórmula:

$$T = d^2 / 80 \Delta T$$

onde, t = tempo de “vida” da gota (seg); d = diâmetro da gota (μm); ΔT = diferença de temperatura (°C) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido de psicrômetro.

De modo geral, os períodos da manhã, bem cedo, no final da tarde e início da noite são os mais indicados para a aplicação de herbicidas, apresentando condições satisfatórias de ventos, temperatura e umidade relativa do ar. No entanto, não é a hora que influi na eficiência da aplicação, sim as condições ambientais.

AVALIAÇÃO DOS PULVERIZADORES ANTES DO INÍCIO DAS OPERAÇÕES

Os pulverizadores devem ser avaliados visando identificar todos os componentes que não estejam atendendo aos parâmetros de operação, como pontas de pulverização desgastadas, danificadas ou entupidadas, mangueiras furadas, dobradas ou localizadas entre a projeção do jato de pulverização e o alvo, filtros obstruídos ou danificados, funcionamento do comando regulador de pressão, do manômetro e outros componentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE- 0661. **Weed Science**, Ithaca, v. 32, p. 841-844, 1984.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: Fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa-MG: UFV, 2001. p. 683-721.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide- An advance treatise**. New Yoirk: Academic Press, 1967. p. 239-286.

FERREIRA, L. R.; MACHADO A. F. L.; FERREIRA, F. A. Tecnologia de aplicação de herbicidas: In: SILVA, A .A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: UFV, 2007. p. 325-347

FREITAS, F. C. L.; TEIXEIRA, M. M.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R. Técnicas para aplicação de herbicidas. In: FREITAS, F.C.L. et al. **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI-ÁRIDO**, 1.; 2007, Mossoró. **Palestras ...** Mossoró: UFERSA, 2007. p. 225-252. Editado por Francisco Cláudio Lopes de Freitas, Décio Karam, Odaci Fernandes de Oliveira e Sergio de Oliveira Procópio.

FURLANETTI, A. C.; MATUO, T.; BARBOSA, J. C. Uniformidade de deposição da calda de pulverização de herbicidas em barra lateral protegida com diferentes combinações de pontas de pulverização. **Planta Daninha**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 445-455, 2001.

<http://www.sindag.com.br/upload/vendas-classes04-us-porcentagem.xls>. Consulta em 25-09-2007

LIMA, P. R. F.; MACHADO NETO, J. G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 85-95, 2001.

MATUO, T; PIO, L. C.; RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO SUPERIOR (ABEAS). **Curso de proteção de plantas**, Brasília: ABEAS, 2002. 91 p. (Curso de Especializacao por Tutoria a Distancia. Modulo 2).

McWHORTER, C. G.; HENKS, J. E. Effect of spray volume and pressure on postemergence johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. **Weed Technology**, Champaign, v. 7, p. 304-310, 1993.

SOUZA, R. O.; DORNELES, S. H. B. Influência do volume de calda na mistura de herbicidas pós-emergente na soja (*Glicine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis: SBCPD, 1995. p. 41.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Produtos de pulverização para agricultura**. Wheaton, 2006. 176 p.

TOSCANO, L. F. Agricultura familiar e seu grande desafio. **Diário de Votuporanga**, v. 50, n. 12.769, p. 2, out. 2003.. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/dv09102003.htm>

