

Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção





ISSN 0103-0205
Dezembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 237

Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção

*José Ednilson Miranda
Luciana Cláudia Toscano Maruyama
Marcos Gino Fernandes
Paulo César Timossi
Marcelo da Costa Ferreira*

Campina Grande, PB
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário
CEP 58428-095
Caixa Postal 174
Fone: (83) 3182 4300
Fax: (83) 3182 4367
Home page: <http://www.cnpa.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Carlos Alberto Domingues da Silva
Secretário-Executivo: Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Membros: Fábio Aquino de Albuquerque, Giovani Greigh de Brito, João Luis da Silva Filho, Máira Milani, Maria da Conceição Santana Carvalho, Nair Helena Castro Arriel, Valdinei Sofiatti, Wirton Macêdo Coutinho.

Supervisão editorial: Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Revisão de texto: Ana Luisa Barra Soaress
Normalização bibliográfica: Valter Freire de Castro
Tratamento de ilustrações: Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Editoração eletrônica: Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Foto da capa: José Ednilson Miranda
Capa: Flávio Tôrres de Moura

1ª edição

1ª impressão (2010): 500

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Algodão

Miranda, José Ednilson.

Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção . / por José Ednilson Miranda, et al. - Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

32 p. (Embrapa Algodão/ Documentos, ISSN 0103-0205; 237).

1. Tratamento fitossanitário. 2. Pulverização aérea. 3. Pulverização foliar. 4. Pulverização em ultrabaixo volume (UBV). 5. Mecanização agrícola. 6. Gota-deriva. I. Miranda, José Ednilson. II. Toscano, Luciana Cláudia. III. Fernandes, Marcos Gino. IV. Timossi, Paulo César, V. Ferreira, Marcelo da Costa. VI. Título. VII. Série

CDD 631.3

Autores

José Ednilson Miranda

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Entomologia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Algodão, Núcleo do Cerrado
miranda@cnpa.embrapa.br

Luciana Cláudia Toscano Maruyama

Engenheira Agrônoma, D.Sc., em Entomologia Agrícola
Professora da Universidade Estadual do Mato Grosso do
Sul, Rod. MS 306, km 6, CEP 79540-000, Cassilândia, MS,
lucianaclaudiatoscano@yahoo.com.br

Marcos Gino Fernandes

Engenheiro Agrônomo, DSc. em Entomologia Agrícola
Professor da Universidade Federal da Grande Dourados, Rod.
Dourados-Itahum, km12, CEP 79804-970, Dourados, MS,
mgfernan@ceud.ufms.br

Paulo César Timossi

Engenheiro Agrônomo, DSc. em concentração em Produção
Vegetal
Professor da Universidade Federal de Goiás
Rod. BR 364, km 192, Parque Industrial, n. 3.800,
CEP 75801-615, Jataí-GO
ptimossi2004@yahoo.com.br

Marcelo da Costa Ferreira

Engenheiro Agrônomo, DSc. em Tecnologia e Segurança na
Aplicação de Produtos Fitossanitários
Professor da FCAV/UNESP, Rod. Prof. Paulo Donato
Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP,
mdacosta@fcav.unesp.br

Apresentação

O controle fitossanitário na cultura do algodão é um dos pontos mais importantes relacionados ao manejo dessa cultura. De ações bem planejadas e bem executadas depende o sucesso na redução de pragas, doenças e plantas daninhas, de forma a garantir que a planta de algodão possa expressar todo o seu potencial produtivo, assim como assegurar a qualidade da fibra produzida. O uso de produtos químicos para o controle de populações de pragas, de doenças e de plantas daninhas depende, por sua vez, além da escolha de um bom produto, da adoção de critérios que garantam o atingimento do alvo por esse produto.

Quanto a isso, o controle da deriva é um componente essencial do manejo cultural. Particularmente no caso do uso de herbicidas, a deriva de tais produtos pode comprometer seriamente a produção de outras culturas situadas próximo à área visada pela pulverização. Inseticidas e fungicidas, por melhores que sejam seus princípios ativos, podem não controlar a praga ou doença se a tecnologia de aplicação for falha e se o produto não chegar ao alvo. Estudos apontam que pulverizações em áreas agrícolas, quando não forem observados todos os aspectos que influenciam o direcionamento do produto, podem causar até 35% de perdas por deriva. Isso significa desperdício de produto, insucesso no controle da praga-alvo, aumento do custo de produção e comprometimento do meio ambiente por lançamento indevido de produtos em áreas não desejadas.

O presente trabalho aborda os diversos aspectos que influenciam a aplicação de produtos fitossanitários na cultura do algodão, e pretende orientar técnicos e agricultores para que a deriva dos produtos aplicados seja minimizada ou evitada. Tais informações visam aplicações mais seguras, racionais e que permitam a redução da quantidade de produto aplicado, bem como do custo de controle fitossanitário, contribuindo para a sustentabilidade da cultura do algodoeiro.

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

Chefe Geral da Embrapa Algodão

Sumário

Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção.....	11
Introdução.....	11
Causas da deriva.....	11
Trajetória da gota.....	11
Tamanho da gota.....	12
Condições meteorológicas.....	14
Deriva em função dos tipos de pulverização.....	15
Pulverização terrestre.....	15
Pulverização aérea.....	16
Pulverização em ultrabaixo volume (UBV).....	17
Prevenção ou redução da deriva.....	19
Tipos de equipamentos.....	19
Pressão de trabalho.....	21
Altura dos bicos.....	22
Momento da aplicação.....	22
Distância de plantas não alvo.....	23
Adição de adjuvantes na formulação.....	23
Considerações finais.....	25
Referências bibliográficas.....	27

Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção

José Ednilson Miranda

Luciana Cláudia Toscano Maruyama

Marcos Gino Fernandes

Paulo César Timossi

Marcelo da Costa Ferreira

Introdução

Nas culturas de importância agrícola, a adequada tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários tem sido fundamental para o sucesso do tratamento fitossanitário. Tendo-se em conta que a eficiência na produção da agricultura é cada vez mais exigida, é imprescindível que os investimentos no tratamento resultem na maior eficácia, sem significar impactos extras nos custos de produção e no ambiente. Na cultura do algodão, estima-se que o gasto com inseticidas representa cerca de 30% do custo de produção, o que significa, para as condições do Cerrado brasileiro, gastos de R\$ 650 a R\$ 750 por hectare. Esses custos podem ser reduzidos por meio da otimização da utilização de produtos fitossanitários. Para tal objetivo, vários critérios relacionados à tecnologia de aplicação devem ser levados em consideração. A eficiência do tratamento fitossanitário não depende somente da escolha do inseticida, mas também de fatores relacionados à tecnologia de aplicação, os

quais podem fazer a diferença no momento de contabilizar o custo de produção e a rentabilidade (MIRANDA et al., 2008). Diversos fatores são relacionados à eficiência na aplicação. Alguns deles são relacionados aos custos; outros, ao tempo; e outros, aos impactos sobre o homem e o ambiente. Entre estes, está a deriva dos produtos aplicados, que ocorre quando gotas muito finas são geradas por uma ponta de pulverização em pressões elevadas ou em um volume de aplicação reduzido, com a aplicação em condições de vento presente, de umidade relativa não adequada e de altura excessiva da barra de pulverização em relação ao alvo, entre outros fatores (AHRENS, 1994; MATUO, 1990).

Portanto, a deriva dos produtos fitossanitários é um processo complexo que envolve a interação de vários fatores, tais como: tipos de bicos de pulverização, características do líquido pulverizado, condições meteorológicas e direcionamento do jato de calda, entre outros (RUSSO, 1990).

O processo de aplicação visa levar o produto ao alvo. Normalmente envolve um veículo, o qual pode ser líquido, sólido ou gasoso, para transportar o produto ao alvo preconizado. O percurso das partículas aplicadas pode ser desviado da trajetória em direção ao alvo, por fatores ambientais. O efeito desse fenômeno é o que se denomina de deriva (MATUO, 1990).

A possibilidade de ocorrência de injúrias em culturas agrícolas não alvo, devido à deriva, tem levado à condução de várias pesquisas envolvendo simulações, principalmente em culturas nas quais as aplicações são realizadas com equipamento aéreo. Ferreira et al. (2007) estudaram o efeito de fitotoxicidade de 15 herbicidas sobre plantas de algodão. Segundo os autores, a aplicação sob condições meteorológicas inadequadas, como a presença de ventos fortes e outros fatores que promovem a deriva, podem causar danos às plantas de algodão.

Além dos danos em culturas adjacentes, a distâncias consideráveis, dependendo da sua suscetibilidade aos produtos aplicados, a deriva assume atualmente maior importância devido à crescente conscientiza-

ção da população em relação à qualidade dos alimentos, da água e de outros componentes ambientais.

Em síntese, para ser efetivo, o produto fitossanitário deve ser aplicado precisamente no alvo a uma taxa, volume e pressão adequados, requerendo a correta seleção e o uso adequado do equipamento de aplicação. Contudo, sem os cuidados apropriados com relação à calibração, formulação, adjuvantes e compatibilidade entre produtos e entre tecnologias, o sucesso da aplicação não está garantido. Esse sucesso envolve também os princípios de ocorrência e de controle de deriva.

Causas da deriva

Trajetória da gota

O movimento normal da gota, que é a distância percorrida da ponta ao alvo, é afetado pelas seguintes forças (MARRS et al., 2003):

- **Força da gravidade:** a atuação da gravidade sobre a massa da gota da pulverização é proporcional ao cubo do diâmetro da gota e à sua densidade. A densidade da gota é igual à densidade da água, exceto para os produtos fitossanitários formulados para serem diluídos em soluções não aquosas;
- **Forças aerodinâmicas:** quando o ar movimentada a gota pulverizada, a força aerodinâmica resulta da combinação da viscosidade com a turbulência do ar. Para gotas caindo sob ação da gravidade, os efeitos devidos à viscosidade devem ser considerados;
- **Efeitos eletrostáticos:** as plantas, em seu estado natural, estão em equilíbrio e têm cargas positivas e negativas na sua superfície. Ao se aproximarem, as gotas carregadas positivamente repelem as cargas positivas das folhas e são fortemente atraídas pelas cargas negativas. Essa força de atração elétrica é 40 vezes maior do que a força da gravidade. As gotas eletrificadas atingem as superfícies das plantas e se

neutralizam com as cargas na área atingida, permitindo que as outras gotas também carregadas se orientem para a planta, inclusive para a face inferior e para regiões que não estão diretamente expostas.

A trajetória da gota resultante da pulverização depende da sua velocidade de deslocamento, da velocidade do ar e do grau de evaporação. A velocidade de sedimentação da gota é a velocidade de queda da gota após a projeção pela ponta, e é influenciada principalmente pelo tamanho da gota e pela energia de lançamento. Variações na velocidade e na turbulência do ar podem alterar a trajetória das gotas, desviando-as do alvo. O ar é o primeiro meio a ser atravessado pelas gotas produzidas pelo equipamento de aplicação dos produtos fitossanitários, antes que atinjam o alvo a que se destinam (MATUO, 1990).

Entre as fontes de contaminação da atmosfera com produtos fitossanitários, a pulverização assume posição de destaque, pois as gotas que perdem peso ou se extinguem no percurso para o alvo liberam o ingrediente ativo no ar, que é captado pelas correntes de ar ascendentes e arrastado a regiões distantes, onde posteriormente vem a se depositar, de acordo com as condições térmicas (DURIGAN, 1989; YATES et al., 1978). Gotículas muito pequenas do produto pulverizado podem permanecer no ar por vários dias após a aplicação. Ross (1990) detectou, em resinas e em filtros apropriados, resíduos do herbicida DCPA durante 21 dias após a aplicação, movimentando-se para além da área de utilização, na forma de vapor.

Tamanho da gota

A deriva do produto pulverizado e a cobertura do alvo dependem em grande parte da extensão do tamanho de gotas produzidas pelo equipamento. Pequenas gotas podem promover uma excelente cobertura do alvo, mas também são altamente suscetíveis à deriva. Por outro lado, gotas grandes não são suscetíveis à deriva, mas podem resultar em uma inadequada cobertura, a menos que o volume de aplicação seja aumentado para níveis não realísticos.

Atualmente, as gotas produzidas pelas pontas de pulverização são classificadas pelo seu diâmetro como muito finas, finas, médias, grossas

ou muito grossas. Pontas que produzem gotas grossas são geralmente selecionadas para minimizar a deriva, enquanto as que produzem gotas finas são necessárias para obter uma melhor cobertura do alvo. Considera-se que as gotas inferiores a $200\ \mu\text{m}$ são potencialmente suscetíveis à deriva, sendo mais suscetíveis quanto menor for o diâmetro (MATUO, 1990).

Gotas menores do que $100\ \mu\text{m}$ são sujeitas à deriva, e gotas maiores do que $350\ \mu\text{m}$ podem não ser retidas sobre as plantas-alvo. Ademais, bicos de energia hidráulica geralmente apresentam largo espectro, e alguns modelos convencionais, normalmente utilizados na cultura do algodão, sobretudo para a aplicação de inseticidas, produzem pouco mais de 10% do volume total em gotas menores do que $100\ \mu\text{m}$, e 25% do volume total em gotas maiores do que $350\ \mu\text{m}$ (FERREIRA; MIRANDA, 2003).

Smith e Burt (1970) observaram, em testes realizados no campo com a cultura do algodão, que gotas finas e uniformes implicaram em aumento na uniformidade de deposição do líquido na área tratada. A gota de aproximadamente $140\ \mu\text{m}$ foi a mais adequada, pois pode ser depositada com segurança no alvo.

A evaporação das gotas da pulverização aumenta seu potencial de deriva, devido à redução de seu diâmetro. Apesar de esse processo ocorrer em todos os métodos de pulverização, deve haver maior preocupação em aplicações aéreas e naquelas realizadas com pulverizadores tratorizados do tipo canhão de ar, em que as gotas são mais suscetíveis à evaporação (CORRÊA; MAZIERO, 1980).

À medida que o diâmetro da gota diminui, a evaporação da gota pulverizada aumenta. A exposição às condições de evaporação também aumenta com a diminuição do tamanho de gotas devido à queda mais lenta da gota (DAREWARTH, 1983). A evaporação pode ser mais rápida sob condições de alta temperatura ambiental, e o aumento da temperatura resulta em um efeito similar ao da redução da umidade (ELLIOTT; WILSON, 1983).

O método de aplicação afeta a dispersão inicial da gota pulverizada. O fator mais importante, nesse caso, é a uniformidade do espectro de gotas produzidas pelos bicos no equipamento de aplicação. Em geral, o espectro da gota produzido por diferentes tipos de bicos, sob várias condições de operação, não é bem conhecido pelos usuários. Entretanto, por ser uma condição fundamental tanto para uma melhor eficiência da aplicação quanto para a redução da deriva, necessita ser uma informação considerada na escolha do tipo de bico e do modelo de ponta de pulverização.

Condições meteorológicas

Por mais calmas que sejam, as áreas a campo estão sujeitas a ventos variáveis. Mudanças imprevistas no movimento do ar podem ocorrer a qualquer momento e causar a deriva do líquido pulverizado por equipamentos terrestres ou aéreos. Assim, as condições meteorológicas afetam diretamente a direção, a quantidade e a distância da deriva. Em determinadas condições, a direção do vento, em poucos minutos, pode apresentar largas flutuações, promovendo a deriva dos produtos aplicados, o que pode ser especialmente problemático para culturas sensíveis a tais produtos. A deposição fora do alvo de 2,4-D pode ser altamente tóxica para o algodão e para outras culturas, particularmente com certas formulações e em certos estágios vegetativos da cultura (MATTHEWS, 2000).

À medida que a temperatura do solo aumenta, no decorrer do dia, em virtude da exposição ao sol, a temperatura do ar próximo ao solo também aumenta. Esse ar quente eleva-se em altitude, provocando correntes de convecção, que suspendem consigo as partículas menores que estão presentes na área. A soma disso com o movimento horizontal do ar causa como resultado o desvio das gotas antes que elas possam atingir o alvo. A diferença de temperatura do ar entre o solo e camadas situadas em alturas de 3 m a 6 m é consideravelmente menor durante as primeiras horas da manhã e as últimas horas da tarde do que em um horário próximo ao meio do dia. Por outro lado, durante inversões de temperatura, o ar próximo ao solo é mais frio do que o ar acima dele, e

gotas diminutas da pulverização permanecem suspensas na camada de ar frio. Eventualmente, essa neblina se move para fora da área antes de se dissipar (DAREWARTH, 1983).

A inversão de temperatura ou a ocorrência de correntes de convecção, as quais usualmente ocorrem em temperaturas acima de 30 °C, podem impedir que conjuntos de gotas muito pequenas alcancem o alvo e forcem seu movimento para fora do local de pulverização durante condições relativamente calmas (MATTHEWS, 2000).

Crabble e Voisey (1984) realizaram testes de pulverização aérea para determinar o efeito da turbulência atmosférica sobre as gotas pulverizadas de uma formulação simulada com propriedades físicas tão parecidas quanto possível com a formulação aquosa de fenitrothion. Os autores observaram que as condições meteorológicas que favorecem a deposição de gotas dentro de 1 km da linha de voo são as turbulências produzidas por estratificação da temperatura, por ventos moderados ou por atividades convectivas.

Pulverizações convencionais usam ingredientes ativos altamente diluídos em água, e a umidade do ar regula a evaporação das gotas. De maneira geral, as gotas grandes (maiores do que 150 μm) não são muito afetadas pela evaporação, porque, antes de alcançarem a superfície visada, uma proporção não significativa do seu volume é perdida em forma de vapor, enquanto gotas pequenas (menores do que 50 μm) são mais afetadas pela evaporação, tornando-se uma solução saturada de produto (ELLIOTT; WILSON, 1983), o que favorece a evaporação das gotas.

Deriva em função dos tipos de pulverização

Pulverização terrestre

No Brasil, a pulverização terrestre é a principal forma de aplicação de produtos fitossanitários. De maneira geral, é também menos suscetível à deriva do que as aplicações aéreas, por permitir arranjos mais favoráveis à colocação das gotas no alvo.

Atualmente, existem pulverizadores no mercado equipados com um sistema de cortina de ar nas barras de pulverização. Tal sistema favorece a penetração das gotas pelo dossel da cultura, ao mesmo tempo em que diminui a ação do vento ambiente sobre as gotas. Trata-se de uma cortina de ar com velocidade em torno de 100 km/h, que tem a função de carregar as gotas para a cultura. Assim, mesmo com condições adversas de vento excessivo no local de trabalho, uma maior qualidade da pulverização é permitida. Prado et al. (2010) verificaram que, em plantas de soja, o uso de pulverização com cortina de ar contribuiu para uma melhor eficiência do controle da ferrugem asiática, proporcionando um acréscimo na produtividade da cultura. O sistema de ar na barra de pulverização promove maiores níveis de depósitos de gotas na parte adaxial das folhas de soja (CHRISTOVAM et al., 2010). Em testes realizados na cultura do algodoeiro, um equipamento equipado com barra assistida a ar promoveu maior cobertura de gotas na planta do algodoeiro em relação ao sistema de barra convencional em todas as posições da planta do algodoeiro. Notadamente nas posições em que há mais obstáculos (no terço inferior das plantas e na página inferior das folhas), as gotas transportadas pelo ar atingiram melhor o alvo (MIRANDA et al., no prelo).

Pulverização aérea

Diversos estudos de deriva na pulverização aérea têm sido desenvolvidos para avaliar variáveis como: velocidade do vento, temperatura, umidade no momento de aplicação e altura do voo. A deriva tem sido identificada como um dos itens de maior prioridade para as aplicações aéreas (SAPUTRO et al., 1991). A utilização de pulverizações aéreas tem sido reduzida em vários países, devido à alta deriva na aplicação, em consequência de os produtos fitossanitários serem liberados a maiores alturas sobre a cultura do que nas pulverizações terrestres (MATTHEWS, 2000). Em cultivos próximos a barreiras vegetais de alto porte, o risco de deriva para plantas cultivadas nas adjacências torna-se ainda maior quando as aplicações são realizadas por meio de aeronaves (DURIGAN, 1989).

Miranda et al. (2009) avaliaram o comportamento de gotas em formulações aplicadas por via aérea sobre a cultura do algodoeiro, tendo verificado que adjuvantes favorecem o depósito das gotas nos alvos mais difíceis, especialmente no terço inferior da planta de algodoeiro, diminuindo a deriva.

Quando a aplicação de herbicidas é feita por aeronaves, o risco de danos por deriva é muito grande. O tratamento aéreo que usa 2,4-D ou derivado pode resultar em deriva para uma cultura suscetível, presente a até 1.600 m da faixa de aplicação. Além disso, a velocidade do vento e a temperatura que excedem a 2,2 m/s e 32 °C, respectivamente, inviabilizam a aplicação do produto (HUITINK et al., 1990).

Nos Estados Unidos, para determinar a extensão da deriva de pulverização aérea na cultura do algodão, inseticidas foram aplicados em uma aeronave provida de bicos rotativos. As soluções aquosas foram aplicadas com 20 L/ha, e as soluções oleosas, com 2 L/ha. A deposição nas plantas foi quase duas vezes maior do que no solo. Na contagem das gotas depositadas em alvos de papel fixados em mastros, verificou-se que a nuvem de dispersão da solução aquosa contraiu-se **mais rapidamente** do que a solução oleosa, provavelmente por causa da maior evaporação da primeira (ELLIOTT; WILSON, 1983). Markin (1982) verificou que o tamanho e o número de gotas por unidade de área normalmente decresce com o aumento da distância entre a gota e o alvo, e concluiu que correntes de vento carregam grandes quantidades de líquido por deriva para áreas vizinhas. Os resultados indicam que, deixando-se uma zona de 300 m de largura entre as culturas-alvo e as áreas suscetíveis, o risco de contaminação deve ser adequadamente eliminado na maioria das condições.

Pulverização em ultrabaixo volume (UBV)

Aplicações a ultrabaixo volume (UBV) tornaram-se possíveis após a introdução de técnicas de aplicação com gotas controladas, e dos pulverizadores eletrostáticos. O sistema de pulverização eletro-hidrodinâmica ou eletrostática tende a tornar mais exata a deposição de gotas sobre

o alvo, devido ao efeito de atração elétrica da gota pela planta, o que implica em menor deriva (BODE; BUTLER, 1983). Esse sistema com regime de carga eletrostática foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a aplicação, aperfeiçoando a deposição de gotas, além de diminuir a deriva e produzir gotas mais uniformes e estáveis, com o emprego de um mínimo de produto em UBV e energia, diminuindo custos e preservando o ambiente (GALLI; NAKANO, 1986).

Na pulverização a UBV, é necessário um volume mínimo para garantir a eficiência das aplicações. Geralmente são realizadas com bico rotativo que produz gotas de tamanho uniforme. Podem-se utilizar menos de 5 L/ha de um líquido não volátil. O aspecto mais importante desse método de pulverização é que, devido à uniformidade do espectro, a porcentagem de volume para aquelas gotas muito pequenas, suscetíveis à deriva, pode ser bastante reduzida (ELLIOTT; WILSON, 1983).

Há também os pulverizadores eletrostáticos que apresentam vários benefícios, tanto do ponto de vista ecológico, devido ao menor volume aplicado e ao maior controle da deposição, como do ponto de vista econômico, dados o menor gasto de energia e o menor custo de aplicação (METZ; MOSER, 1987).

O pulverizador eletrostático manual Electrodyn foi bastante utilizado no Nordeste brasileiro para a aplicação de inseticidas na cultura do algodão. Experimentos de campo que utilizaram o produto endossulfan em mistura com óleos vegetais, para o controle do bicudo-do-algodoeiro, comprovaram que essa tecnologia permite a redução de aproximadamente cinco vezes a dosagem de ingrediente ativo, em relação à pulverização com sistema convencional (ARAUJO et al., 2002).

Chaim (2006) verificou um aumento de deposição de gotas com o uso de pulverizador eletrostático, na ordem de 10% em relação à pulverização convencional. Segundo o autor, a pulverização eletrostática traz como benefício direto o aumento da eficiência de controle de problemas fitossanitários, porque haverá deposição expressiva de produtos na face interior das folhas. No caso do algodoeiro, quando as plantas apresen-

tam alta densidade de folhas, a eficiência poderá ser maior se jatos de ar auxiliarem no transporte das gotas com carga eletrostática para o interior do dossel da cultura.

Prevenção ou redução da deriva

Tipos de equipamentos

Alguns equipamentos específicos têm sido desenvolvidos com o intuito de reduzir a deriva, agregando proteção às barras de pulverização que aumentam relativamente o controle da deriva, mesmo quando se utilizam gotas finas e muito finas, para uma maior cobertura do alvo.

Foto: José Ednilson Miranda



Fig. 1. Equipamento com barra com cortina de ar para arrasto das gotas de pulverização.

Escolha dos bicos de pulverização

Existem alguns tipos de bicos de pulverização, classificados de acordo com a energia empregada para a formação das gotas. Por exemplo, já foram citados os bicos rotativos, nos quais as gotas são formadas por uma força centrífuga, e os bicos eletro-hidrodinâmicos, nos quais as gotas são produzidas empregando-se a energia elétrica. Os tipos mais comuns, utilizados em todo o mundo, são os de energia hidráulica, que

normalmente empregam pressão hidráulica por meio do bombeamento mecânico da calda a ser aspergida, que se fragmenta no componente responsável pela produção e distribuição das gotas, denominado de ponta de pulverização (MATUO, 1990). Os bicos do tipo hidráulico possuem o inconveniente de produzirem um espectro de gotas de baixa uniformidade. Por outro lado, a praticidade de uso, a adaptabilidade a diversos equipamentos e o preço mais acessível, em relação aos tipos centrífugos e eletro-hidrodinâmicos, por exemplo, os tornam os preferidos para utilização a campo, os quais dispõem de uma ampla gama de modelos de pontas de pulverização.

A escolha do tipo de bico de pulverização a ser utilizado é de importância fundamental para a eficiência da pulverização e a diminuição das perdas por deriva. Na prática, como as recomendações contidas nos rótulos das embalagens de produtos fitossanitários fornecem uma faixa muito ampla de volume a ser aplicado, variando de 200 L/ha a 1.000 L/ha, por exemplo, o mesmo volume é aplicado contra uma grande variedade de alvos e é determinado, normalmente, pela vazão dos bicos do pulverizador utilizado na aplicação (CHAIM et al., 1999). Para cobrir completamente a área-alvo, o usuário comumente utiliza grandes volumes de calda. Pouca atenção, porém, é dada ao tamanho das gotas, sendo uma gama de tipos de bicos utilizada sem critérios. Como a maioria dos bicos produz gotas dentro de um espectro muito amplo, as pequenas gotas ficam sujeitas à deriva, e as grandes perdem-se no solo em grande quantidade, somando perdas que podem chegar a dois terços do total aplicado (COURSHEE, 1960).

A seleção do bico de pulverização é, provavelmente, o componente mais importante para o controle de deriva. Modelos que produzem gotas de diâmetros uniformes, com a taxa de aplicação e pressão recomendada, são menos suscetíveis à deriva e, em determinadas pressões, podem reduzir sensivelmente a deriva. Entretanto, se o bico não produzir um padrão uniforme de gotas, é possível que a deriva seja acentuada pela abundância de gotas pequenas (HATTERMAN-VALENTI et al., 1995).

A posição e a orientação dos bicos na barra de pulverização também são importantes. A distribuição do tamanho de gotas pode ser sensi-

velmente afetada pela orientação dos bicos em relação a si próprios e à barra (DAREWARTH, 1983). Os modelos de jato plano devem ser montados com uma angulação constante entre si, normalmente de 10° , para que não ocorra choque entre as gotas que poderão coalescer, aumentando de tamanho e diminuindo em uniformidade.

A seleção de bicos é feita de acordo com o tamanho de gota requerido. Esse tamanho torna-se um fator de extrema importância quando a eficácia de um determinado produto fitossanitário, aplicado no cultivo, depende do grau de cobertura, ou quando a prevenção da deriva é uma prioridade. Portanto, uma informação prévia que se deve obter ao se adquirir um determinado tipo ou modelo é o tamanho de gotas que este produz nas diferentes faixas de trabalho recomendadas pelo fabricante.

Os tipos de bicos de pulverização disponíveis comercialmente produzem gotas com uma ampla extensão de tamanhos. A seleção de bicos apropriados para cada tipo de aplicação envolve o compromisso com a obtenção de uma cobertura adequada e a manutenção do potencial de deriva em limites aceitáveis (BODE; BUTLER, 1983). Quanto a isso, os fabricantes têm produzido bicos que reduzam o número de gotas pequenas, mais sujeitas à deriva. Alguns fabricantes de modelos de pontas de pulverização de energia hidráulica se utilizam de denominações que fazem alusão à eliminação da deriva, para os chamados modelos "antideriva". Essa denominação não é correta, pois, por maior que seja o diâmetro característico de um determinado modelo, entre todos os comercializados atualmente, há sempre uma parcela do espectro de gotas suscetível à deriva. Porém, há sim uma grande diferença entre os modelos de pontas de pulverização. Os atualmente menos suscetíveis à deriva têm sido aqueles dotados de indução de ar na produção das gotas que resultam nos maiores diâmetros característicos entre os bicos de energia hidráulica disponíveis no mercado.

Pressão de trabalho

A deriva inicial de gotas varia com a pressão de pulverização, e, quanto maior a velocidade do vento, maior a deriva, independentemente da pressão utilizada (MAYBANK et al., 1978).

Alguns operadores de equipamentos de pulverização buscam corrigir a deriva por meio da alteração da pressão de trabalho no circuito hidráulico, restringindo o retorno no regulador de pressão. Porém, o diâmetro das gotas é influenciado pela pressão. Quanto maior a pressão, menor o tamanho das gotas. Com gotas menores, a cobertura do alvo poderá ser melhorada, mas, no caso de formação de maior número de gotas com diâmetro menor do que 100 μm , o potencial de deriva aumentará significativamente.

A redução da pressão pode favorecer o controle da deriva devido à produção de gotas maiores, mas isso reduzirá, também, a cobertura. Avaliações têm demonstrado que uma pressão constante na faixa recomendada pelo fabricante das pontas de pulverização tem produzido um melhor resultado (DAREWARTH, 1983).

Altura dos bicos

Bicos posicionados em uma altura muito grande podem dispersar as gotas pulverizadas sobre uma área maior, mas aumentam a probabilidade de deriva. As partículas produzidas cairão em maiores distâncias. O aplicador deve determinar a faixa de distribuição desejada, fazendo um ajuste combinado do tamanho dos bicos, da pressão, e da altura acima do alvo. Por exemplo, se um operador aumenta a pressão de aplicação e, assim, aumenta a taxa, mas mantém a faixa de distribuição, então, no que concerne a velocidade do pulverizador, os bicos devem ser trocados por outros menores para compensar o aumento de pressão. Se a pressão aumentar correspondentemente, haverá um aumento na taxa de aplicação, e também uma maior probabilidade de deriva (DAREWARTH, 1983). Para modelos de energia hidráulica, o aumento da pressão pode resultar em aumento do ângulo do jato de calda. Isso permitirá que a barra opere em menores alturas, compensando parte do risco potencial de deriva resultante da diminuição do diâmetro das gotas (FERNANDES et al., 2007; FERREIRA et al., 2009).

Momento da aplicação

A aplicação de produtos fitossanitários somente deverá ocorrer em situações em que as condições ambientais (vento, temperatura e umidade)

estejam favoráveis. Períodos em que os ventos estejam dentro da faixa de 3 km/h a 10 km/h, as temperaturas estejam abaixo de 30 °C e a umidade relativa do ar mínima seja de 50% são os mais indicados (MATUO, 1990). Como a velocidade do vento frequentemente declina ao final do dia e durante a noite, pode-se assumir que a pulverização pode proporcionar melhores resultados nesses períodos do dia (FERREIRA et al., 1998). As condições de maior umidade que ocorrem nesses períodos também contribuem para melhorar a efetividade de alguns produtos (ELLIOTT; WILSON, 1983).

Distância de plantas não alvo

Marrs et al. (2003) sugerem que os pulverizadores terrestres devam se distanciar a pelo menos 10 m das zonas circunvizinhas a reservas naturais, a fim de minimizar o risco de impactos de produtos químicos sobre esses habitats.

Adição de adjuvantes na formulação

Os produtos fitossanitários podem ser formulados para ser dissolvidos em água, formando soluções aquosas, ou em outros solventes, formando soluções não aquosas. Quando o produto químico é suficientemente solúvel em água, como sais de hormônios ácidos, simples soluções aquosas podem ser utilizadas como formulação para pulverização. Porém, determinados produtos não são suficientemente solúveis, devendo ser adicionados à solução produtos surfatantes, que promovem a uniformidade da mistura. Os surfatantes agem na estabilização da dispersão das partículas líquidas ou sólidas na calda. A maioria das formulações de produtos fitossanitários não aquosas são baseadas em surfatantes como parafina clara ou óleos minerais (ELLIOTT; WILSON, 1983).

O líquido de pulverização com alta proporção de dispersos – tanto sólidos em suspensão como líquidos em emulsão – tende a ser menos suscetível à deriva. Adições de adjuvantes à formulação inseticida para melhorar a distribuição e a penetração das gotas na cultura do

algodoeiro foram testadas por Miranda e Rezende (2009). Aplicações aéreas que foram efetuadas quando o nível de controle do bicudo-do-
-algodoeiro foi atingido continham adjuvantes (óleo vegetal ou melão de cana) em diferentes concentrações, e foram aplicadas com volume de calda de 5 L/ha e de 10 L/ha. A pulverização com volume de 10 L/ha, adicionada de óleo vegetal a 10%, foi a mais eficiente no controle populacional do inseto.

A volatilização de produtos fitossanitários que resulta em danos a plantas não alvo é reconhecida como um sério problema em muitas áreas, principalmente no caso de herbicidas (MATUO, 1990). Muitos produtos fitossanitários voláteis causam problemas de segurança por deriva de vapor. Por exemplo, formulações éster de herbicidas fenoxi-ésteres, que são bastante tóxicos, podem volatilizar e derivar sob condições de alta temperatura (ELLIOTT; WILSON, 1983). Resultados de estudos realizados com herbicidas indicam que volatilizações podem ocorrer por até duas semanas após a aplicação (HALSTEAD; HARVEI, 1985).

Os surfatantes e solventes ou óleos incorporados às formulações de soluções tendem a diminuir ou prevenir a cristalização do produto no solo, e certas misturas aumentam a absorção destes pela cutícula da folha, modificando a disponibilidade do produto à volatilização (ELLIOTT; WILSON, 1983).

Alguns outros métodos têm sido utilizados para a redução da evaporação das gotas durante o processo de pulverização. Um dos principais é a encapsulação da gota por meio de ácido esteárico e metildibutilamina em igual proporção de massa. Como a amina é altamente volátil, ela deixa os cristais de ácido esteárico como um filme, cobrindo a superfície da gota e evitando que a água evapore (ELLIOTT; WILSON, 1983).

Liu e Singmaster (1990), ao avaliarem o uso de herbicidas e de aditivos, usados para a redução de danos por deriva, observaram que todos os adjuvantes reduziram os danos dos herbicidas igualmente na cultura, indicando um decréscimo do efeito de deriva.

O efeito do **óleo vegetal como aditivo para o líquido de pulverização** foi estudado em relação ao tamanho de gota em um túnel de vento. Verificou-se que a adição do óleo reduziu a tendência à deriva (ALNESS, 1986). Em testes efetuados por Miranda et al. (2009), a presença do óleo vegetal como adjuvante resultou em efeito sinérgico sobre o produto inseticida. O óleo vegetal adicionado à formulação favoreceu o depósito das gotas nos alvos mais difíceis, especialmente no terço inferior da planta de algodoeiro.

Agentes tensoativos têm sido amplamente utilizados nas caldas de pulverização. Essas substâncias normalmente diminuem a tensão superficial do líquido, fazendo que o ângulo de contato da gota com a superfície seja reduzido, aumentando a área de contato (MATUO, 1990). Em soluções de médio e baixo volumes, esses produtos tendem a melhorar a distribuição das gotas aplicadas. Em aplicações a alto volume, entretanto, seu uso tem restrições, uma vez que, ao diminuírem a tensão superficial das gotas, os espalhantes adesivos favorecem o escorrimento dos produtos para fora do alvo (OCAMPO-RUIZ; MATUO, 1994; TOSCANO et al., 2002). Assim, especialmente em casos de pulverizações em culturas pouco adensadas, como nos estágios iniciais da cultura do algodão, o uso de adjuvantes deve ser realizado com critério.

Considerações finais

Uma substancial quantidade de produtos utilizados no tratamento fitossanitário na cultura do algodão tem se perdido por deriva durante e após a operação de aplicação. A deposição indesejada dos produtos que derivam para locais fora do alvo de aplicação resulta não somente em perdas no controle, mas também em exposição potencial a pessoas e animais eventualmente presentes no local para onde houve deriva. Além disso, a deriva pode prejudicar culturas adjacentes à área de aplicação, como também cursos de água ou outros recursos naturais.

É importante avaliar os possíveis riscos decorrentes de deriva dos produtos fitossanitários, para que se compreenda sua importância e a viabilidade de desenvolver métodos para evitá-la.

Os produtos fitossanitários devem ser aplicados por via terrestre, sempre que possível, utilizando-se tamanhos adequados de partículas (maiores do que 100 μm) e somente nas condições-limite de velocidade de vento (de 3 km/h a 10 km/h), sob umidade relativa do ar maior do que 50% e em temperaturas menores do que 30 °C.

O melhor horário de aplicação é o início da manhã, quando existem condições de baixa temperatura e alta umidade, ou o período noturno (FERREIRA et al., 1998; HALL, 1980).

O uso de adjuvantes em aplicações de baixo e médio volumes contribui para a redução da deriva.

A pulverização de culturas localizadas próximo a áreas de vegetação natural deve, sempre que possível, ser feita com equipamentos terrestres e com o vento em direção contrária à dessas áreas, a fim de evitar danos decorrentes da deriva.

A seleção do bico de pulverização e a definição da pressão de trabalho adequada são mais importantes do que a vazão. Esta deverá ser calibrada após a definição do bico e da pressão necessários, e será consequência dos ajustes iniciais (MATUO, 1990).

Esses procedimentos favorecem a deposição das gotas sobre o alvo e diminuem a possibilidade de ocorrência de deriva.

Referências bibliográficas

AHRENS, W. H. **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.

ALNESS, K. Vegetable oil as additive gota size and spray drift. In: SWEDISH WEED CONFERENCE, 27., 1986, Uppsala. **Weeds and weed control**. Uppsala: [s.n.], 1986. v.1. p.172-183.

ARAUJO, L. H. A.; SANTOS, R. F.; SOUSA, S. L.; QUEIROGA, V. P.; LIMA, N. J. **Avaliação da mistura endosulfan com óleos vegetais para o controle do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera:Curculionidae)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 6 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 151).

BODE, L. E., BUTLER, B. J. New techniques and equipment for ground application of herbicides in the USA. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Annals...**, Brighton: [s.n.], 1983.

CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.

CHAIM, A. Pulverização **eletrostática**: principais processos utilizados pra eletrificação de gotas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 18 p. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 57).

CORRÊA, H. G., MAZIERO, J. V. G. Análise em laboratório da redução da evaporação de gotículas para pulverizações agrícolas. **Bragantia**, v. 39, p. 79-87, 1980.

COURSHEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.5, p.327-352, 1960.

CRABBLE, R. S., VOISEY, P. W. Effect of atmospheric turbulence on windborne drift of aerial forest sprays. In: SYMPOSIUM ON THE FUTURE ROLE OF AVIATION IN AGRICULTURE, 1984, **Proceedings...**, 1984. p. 427-444. n. 23504.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, v. 69, p. 231-238, 2010.

DAREWARTH, J. Proper application: aspects referred to drift. In: DAREWARTH, J. **Pesticide application**. New York: John Willey. 1983. p. 245-249.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF, 1989.

ELLIOTT, J. B.; WILSON, B. J. The influence of weather on the efficiency and safety of pesticide application. **The Drift of Herbicides**. Croydon, UK: BCPC Publications, 1983. 135 p. (Occasional Publication No. 3).

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G.N.; FERREIRA, M.C. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M. PORCÓPIO, S. O. **Sintomas de fitotoxidez de herbicidas no algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 16 p. (Embrapa Algodão, Circular Técnica, 109).

FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em

pós-emergência na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 25-36, 1998.

FERREIRA, M.C.; DI OLIVEIRA, J. R. G.; PIETRO, I. R. D. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 267-276, 2009.

FERREIRA, M. C.; MIRANDA, J. E. Tecnologia na aplicação de inseticidas. **Revista Cultivar Grandes Culturas**. p. 3-10, 2003.

GALLI, J. C., NAKANO, O. Viabilidade da pulverização eletrohidrodinâmica no controle do ácaro-branco-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 369-373, 1986.

GROVER, R. MAYBANK, J. YOSHIDA, K. Droplet and Vapor drift from butyl ester and dimethylamine salt of 2,4-D. **Weed Science**, v. 20, n. 4, p. 320-324, 1972.

HALL, F. R. Pesticide application on apples: is it accurate enough for IPM In: PROCEEDINGS OF NEW ENGLAND FRUIT MEETINGS 1980, North Amherst, MA, **Proceedings...** [S.l.]: The Mass. Fruit Growers Assoc. v. 86. p.72. 1983.

HALSTEAD, S.J.; HARVEY, G; Effect of rate and carrier on clomazone movement off-site. **Weed Technology**, v.2, n.1., p.179-182, 1985.

HATTERMAN-VALENTI, H., OWEN, M. D. K., CHRISTIANS, N. E. Comparison of spray drift during postemergence herbicide applications to turfgrass. **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 321-325, 1995.

HUITINK, G. et al. Downwind deposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide (2,4-D) in invert emulsion. **Transactions of the ASAE**, v. 33, n. 4, 1990.

LIU, L. C., SINGMASTER, J. A. Herbicide drift control in plantains and taniers. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 74, n. 4, p. 471-475, 1990.

MARKIN, G. P. **Drift of insecticidal spray by cold air drainage winds in western mountains.** Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service. n.PSW-360, 1982. Research Note.

MARRS, R. H.; WILLIAMS, A. J.; FROST, A. J.; PLANT, R. A. Assessment of the effects of herbicide spray drift on a range of plant species of conservation interest. **Environmental Pollution**, v. 59, n. 1, p. 71-86, 2003.

MATTHEWS, G. A. **Controlled droplet application.** In: MATTHEWS, G. Pesticide Application Methods. 3rd. ed. London: Longman, 2000. p.185-201.

MATUO, T. **Equipamentos e técnicas de aplicação.** In: MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal, FUNEP, 1990, p. 39-110.

MAYBANK, J., YOSHIDA, K. GROVER, R. Spray drift from agricultural pesticide applications. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 28, n.10, p. 1009-14, 1978.

METZ, N., MOSER, E. Better deposition - reduced drift: Plant protection technology in fruit production. **Landtechnik**, v. 42, n. 3, p.104-106, 1987.

MILLER, P. C. H. Engineering aspects of spray drift control. **Aspects of Applied Biology**, v. 17, n. 1, p. 377-384, 1988.

MIRANDA, J. E.; BETTINI, P. C.; GUSMÃO, L. C. A. **Deposição de gotas por pulverizações terrestre e aérea na cultura do algodoeiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 6 p. (Embrapa Algodão, Comunicado Técnico, 350).

MIRANDA, J. E.; GOBBI, A. L.; NASCIMENTO, V. L.; BETTINI, P. C. Avaliação do controle fitossanitário do algodoeiro com o sistema Vortex e diferentes pontas e adjuvantes. **Engenharia Agrícola.** No prelo

MIRANDA, J. E.; NASCIMENTO, V. L.; BETTINI, P. C.; GUSMÃO, L. C. A.; REZENDE, A. M. Comportamento de gotas contendo adjuvantes aplicadas com aeronave agrícola sobre a cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados:** anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 1 CD-ROM.

MIRANDA, J. E.; REZENDE, A.M. Adjuvantes em formulações para controle do bicudo por aplicação aérea. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados:** anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 1 CD-ROM.

OCAMPOS-RUIZ, R. A; MATUO, T. Efeito de espalhantes-adesivos na retenção e na ação do propargite sobre *Brevipalpus phoenicis* (GEIJS.) em folhas de citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 23, n. 2, p. 265-70. 1994.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo.** Guaíba, RS: Agropecuária, 2001, p. 207-260.

ROSS, L. J. Volatilization, off-site deposition, and dissipation of DCPA in the field. **Journal Environment Quality**, v. 19, p. 715-722, 1990.

RUSSO, V.M. Reaction of tomato cultivars to a sublethal dose of glyphosate. **Hortscience**, v.25, n.12, p.1662, 1990.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JÚNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, J. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 15-19, 2010.

SAPUTRO, S. et al. Expert system for agricultural aerial spray drift. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n.1, p. 764-772, 1991.

SMITH, D. B., BURT, E. C. Effects of the size of ULV droplets on deposits within cotton foliage both inside and immediately downwind from a treated swath. **Journal of Economic Entomology**, v. 63, n. 5, p. 1400-1405, 1970.

TOSCANO, L. C.; MIRANDA, J. E.; FERNANDES, M. G.; BONACIN, G. A. Capacidade de retenção de líquidos aplicados a alto volume em diferentes culturas agrícolas. **Revista de Agricultura**, v. 77, n.1, p. 129-138, 2002.

YATES, W. E.; AKESSON, N. B.; BAYER, D. E. Drift of Glyphosate Sprays Applied with Aerial and Ground Equipment. **Weed Science**, v.26, n. 6, p. 597-604, 1978.

WILSON, A. G. L. et al. Evaluation of insecticide residues and gota drift following aerial application to cotton in New South Wales. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 26, n. 2, p. 237-243, 1986.

Embrapa

Algodão

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 9166