

# Com eletricidade

*A pulverização eletrostática de defensivos agrícolas é uma realidade nos grandes pulverizadores, mas ainda é pouco utilizada em equipamentos costais destinados a aplicações em espaços menores*

Fotos Gabriel Pupo Nogueira



Desde setembro de 1984, a Embrapa Meio Ambiente já realizou mais de 800 testes empíricos, para aprendizado de funcionamento da pulverização eletrostática. Aproximadamente 99% dos estudos realizados pelo Laboratório de Tecnologia de Aplicação da Embrapa Meio Ambiente, com pulverização eletrostática, foram dedicados ao desenvolvimento de tecnologias para a agricultura familiar. Poucos foram publicados.

O mercado de máquinas sempre esteve voltado ao aperfeiçoamento dos pulverizadores para as culturas de exportação. Entretanto, o mercado de máquinas para os pequenos produtores é gigantesco, pois segundo o Censo Agropecuário Brasileiro de 2017, a agricultura familiar ocupa 77% dos estabelecimentos agrícolas, ou seja, cerca de 3,9 milhões das propriedades agrícolas. Esse segmento emprega cerca de dez milhões de pesso-

as ou 67% do pessoal que trabalha com a agricultura no País. O valor da produção desse segmento é de R\$ 110 bilhões e equivale a 23% da produção agropecuária brasileira. O mais importante desse segmento produtivo é que toda produção é dedicada à população brasileira principalmente em alimentos perecíveis como frutas e verduras.

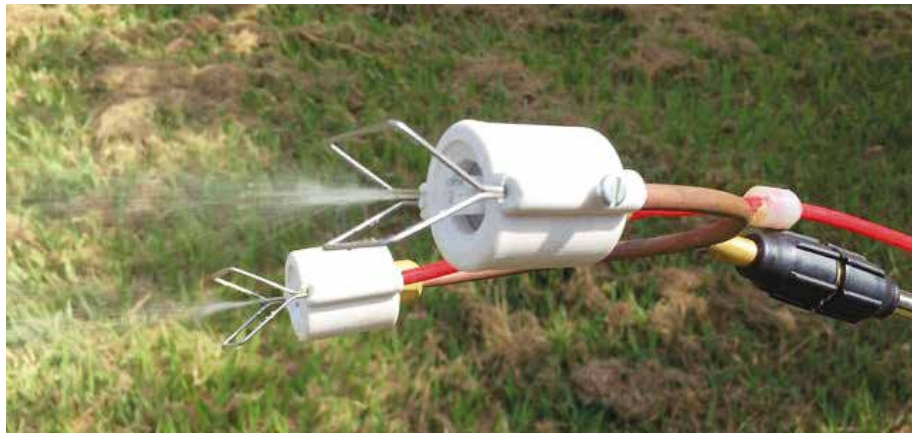
Já em 1988, percebendo que a eletrostática aumentava a deposição e a pulverização pneumática melhorava a penetração de gotas no dossel das plantas, a Embrapa Meio Ambiente depositou uma patente (PI 8805580-A) de um “pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual”). Esse equipamento aplicava entre um e seis litros de caldas, aquosas ou oleosas, por hectare e usava o sistema de eletrificação direta. Infelizmente não houve produção comercial desse equipamento.

Para eletrificar um corpo é necessário ceder ou retirar elé-

trons de sua superfície, através de um bombeamento elétrico por fonte de alta tensão. Os principais sistemas de eletrificação de gotas usados pela Embrapa durante os últimos 36 anos foram eletrificação direta, onde a alta tensão é conectada ao líquido, e eletrificação indireta por indução, onde o líquido é aterrado e a eletrificação ocorre no momento da formação das gotas.

Nos primórdios dos desenvolvimentos da Embrapa, utilizou-se muito a eletrificação direta, onde o líquido é mantido em contato com uma fonte de alta tensão e as gotas adquirem carga da mesma polaridade da tensão aplicada. Esse sistema de eletrificação é muito simples, mas a aplicação prática é muito complexa, pois requer um controle muito rígido de isolamento de todo o circuito hidráulico, ou seja, tanque e sua tampa de abastecimento, sistema de bombeamento, tubulação percorrida pelo líquido. O dispositivo mais complicado é o gatilho ou válvula para abertura e fechamento da calda. Nos primeiros equipamentos utilizava-se a pressurização do líquido com ar comprimido por bomba pneumática manual. O equipamento não dispunha de válvula de abertura e fechamento do líquido, pois a pulverização era controlada apenas pelo bombeamento de ar do sistema pneumático.

Esse esquema de eletrificação direta é muito primitivo, tendo sido usado inicialmente em pulverização pneumática e também, posteriormente, em pulverização hidráulica a partir de 1989. Inicialmente esse sistema foi utilizado em experimentos de



O eletrodo de indução deve ser posicionado próximo da região de formação das gotas para formar a tensão perfeita

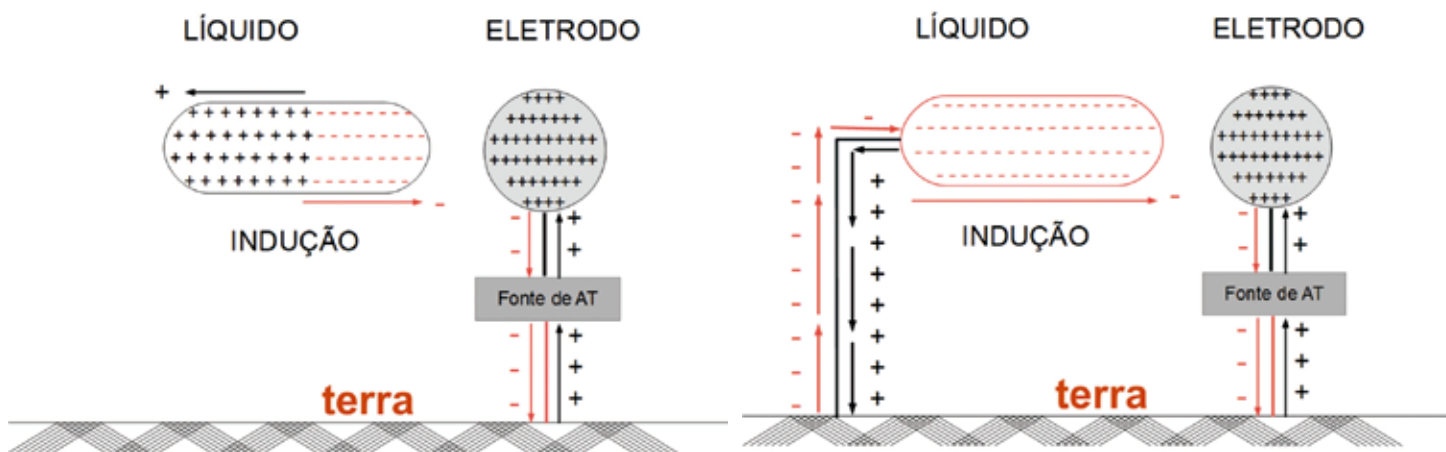
bancada, para se conhecer as relações entre deposição, distância do bico até o alvo e tensão de eletrificação. A partir de 1990 esse sistema foi incorporado em pulverizador costal hidráulico, acionado por alavanca manual. Nos experimentos, obteve sucesso de deposição em diferentes culturas, mas o uso comercial foi cerceado pelas fugas de alta tensão pela tampa de abastecimento do tanque, pela bomba, mangueira de condução do líquido e todas as conexões ou encaixes de qualquer peça que ficasse em contato com o líquido energizado. Esses problemas foram solucionados a partir de 2006, em conjunto com uma empresa de Santa Catarina, com algumas modificações em pulverizador com bomba elétrica. Esse equipamento se encontra disponível para comercialização no mercado nacional.

As caldas de defensivos apresentam condutividade elétrica, que depende da

constituição da formulação de defensivo, dos seus adjuvantes da água usada na mistura. Quando se utilizam caldas aquosas, o melhor sistema de eletrificação é aquele onde o líquido é mantido em voltagem de aterramento, e as gotas adquirem carga por indução, no momento em que elas se formam e separam no bico de pulverização. Um esquema de indução é apresentado nas Figuras 1A e 1B.

Quando um eletrodo eletrificado com carga positiva ou negativa é mantido próximo a um corpo condutor, esse último se polariza. As cargas de sinais opostos ao eletrodo de indução são atraídas para a superfície do corpo condutor e as cargas de mesmo sinal são repelidas para a extremidade mais distante. Para que o corpo condutor fique eletrificado é necessário que as cargas repelidas pelo eletrodo de indução migrem para o solo através de um fio de aterramento.

Figura 1 - Esquema de indução de eletricidade na calda de pulverização



fonte: autores





Molhamento e acúmulo de sujeira provocam curto-circuito pela fuga de energia entre eletrodo eletrificado e bico aterrado

Verificou-se experimentalmente que a presença do fio de aterramento, conforme se observa na Figura 1B, é fundamental no sistema de indução para eletrificação de gotas tanto para os bicos hidráulicos como para os bicos pneumáticos.

Verificou-se também que o eletrodo de indução deve ficar disposto próximo à região de formação de gotas, sendo que a tensão de indução depende da distância entre o eletrodo de indução e a região de formação de gotas.


Durante o processo de indução, as gotas eletrificadas apresentam-se com polaridade oposta ao eletrodo eletrificado. O campo eletrostático formado pelo eletrodo sempre atrai de volta as gotas eletrificadas, que acabam molhando todo o conjunto de peças próximas ao bico. Se a tensão de indução for muito elevada, o molhamento das peças se torna muito intenso e o sistema pode entrar em colapso. Assim, para se escolher a tensão de indução, adota-se um afastamento do eletrodo entre 1mm e 1,5mm de distância da zona de formação das gotas para cada 1.000 Volts que se aplica para a eletrificação. O posicionamento do eletrodo deve considerar também eventuais choques de gotas satélites produzidos pelo bico.

Em qualquer tipo de processo de eletrificação, as cargas sempre se acumulam em regiões pontiagudas ou afiladas. Quando a borda do líquido se alonga para formar uma gota, os elétrons migram para essa região. Esse alongamento cresce e o filamento se afina, ficando com altíssima quantidade de carga. Quando a gota principal se solta, esses filamentos mais finos formam gotas muito pequenas, abaixo de 30 mi-

crômetros, denominadas de gotas satélites. Essas gotas apresentam carga extremamente elevada, mas baixa energia cinética, e não conseguem se livrar da ação do campo eletrostático do eletrodo de indução. Essas pequenas gotas sofrem forte retroatração, molhando todo o cabeçote de sustentação do eletrodo de indução. Esse molhamento e o acúmulo de sujeira provocam curto-circuito pela fuga de energia entre eletrodo eletrificado e bico aterrado. Além de reduzir ou cessar a eletrificação das gotas, essa fuga de energia destrói as fontes de alta tensão.

A Embrapa Meio Ambiente resolveu problemas de curto-circuito provocado pelo molhamento do cabeçote eletrostático. Constatou, também, que o sistema hidráulico eletrostático seria mais recomendado para pulverizadores costais que apresentam maior facilidade de posicionamento do bico de pulverização. Observou que nos equipamentos hidráulicos eletrostáticos tratorizados, as gotas eletrificadas apresentam tendência de se concentrar no ponteiro e nas camadas de folhas mais externas das plantas. Em outra situação, notou que pulverizadores com ventiladores para frutíferas apresentam o defeito de que a própria turbina aspira as gotas produzidas. Isso aumenta muito

a umidade relativa do jato de ar que passa pelo conjunto do bico associado ao cabeçote eletrostático. Poeira e umidade sujam os cabeçotes eletrostáticos, que deixam de funcionar após algum tempo de uso. Por isso, é fundamental que as partes dos cabeçotes eletrostáticos sejam lavadas e pulverizadas com óleo de silicone ou vaselina líquida para formar uma barreira de proteção contra o acúmulo de sujeira.

A Embrapa Meio Ambiente desenvolveu bicos pneumáticos eletrostáticos que proporcionam altíssima intensidade de carga, em gotas com tamanho menor do que 60 micrômetros, mais adequadas para deposição, que podem ser levadas pelo próprio jato de ar para o interior do dossel das plantas. Utilizam fonte de tensão entre 500 e 3.000 Volts, de baixo custo, que podem ser fabricados com componentes eletrônicos bem comuns e disponíveis no mercado nacional. Ainda não existem fabricantes de pulverizadores pneumáticos eletrostáticos no Brasil, apesar de apresentarem as melhores características para a melhoria de eficiência de deposição nos cultivos de porte rasteiro, arbustivo ou arbóreo. 

Aldemir Chaim,  
Embrapa Meio Ambiente



A pulverização eletrostática em equipamentos portáteis garante melhor cobertura do produto