

## DEPOSIÇÃO DE CALDA PROMOVIDA POR PULVERIZADORES EMPREGADOS NA CAFEICULTURA DE MONTANHA

Jefferson Gitirana Neto<sup>1</sup>, João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha<sup>2</sup>,  
Rodrigo Santos Marques<sup>3</sup>, Olinto Lasmar<sup>4</sup>, Erik Bueno Borges<sup>5</sup>

(Recebido: 16 de outubro de 2015 ; aceito: 07 de dezembro de 2015)

**RESUMO:** A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas sua produção demanda grandes desafios quanto ao manejo de agrotóxicos, sobretudo em regiões de difícil mecanização. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com 11 tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados diferentes equipamentos nas aplicações de agrotóxicos na cafeicultura de montanha (pulverizador costal motorizado, triciclo adaptado para pulverização, pulverizador costal motorizado adaptado e pulverizador costal manual), associados ou não à tecnologia eletrostática e adjuvante siliconado, em diferentes taxas de aplicação. Inicialmente, foi conduzido um estudo para caracterização do espectro de gotas produzidas, empregando-se o uso de papel hidrossensível. Foram avaliadas a deposição e a penetração da calda nas partes inferior, média e superior das plantas, assim como o escoamento para o solo. Para isso, aplicou-se o traçador Azul Brillante para quantificação por espectrofotometria. A associação da tecnologia eletrostática, com taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>, e o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano mostrou-se melhor em relação aos demais equipamentos quanto à deposição de calda em cafeeiros adultos, revelando também a viabilidade técnica da utilização de menor volume de água na preparação das caldas.

**Termos para indexação:** *Coffea arabica*, aplicação eletrostática, pulverização, defensivos agrícolas.

## SPRAY DEPOSITION PROMOTED BY DIFFERENT SPRAYERS ON THE MOUNTAIN COFFEE CROP

**ABSTRACT:** Coffee crop is an important agricultural activity in Brazil, but with major technological challenges in disease and pest control. This study aimed to evaluate the spray deposition promoted by different sprayers on the mountain coffee crop. The trial was carried out in a randomized blocks design, with 11 treatments and 4 replicates. Different equipments were used in the pesticide applications: motorized knapsack sprayer, adapted sprayer tricycle, adapted motorized knapsack sprayer and manual knapsack sprayer, combined with electrostatic technology and silicone adjuvant in different application rates. Initially, a study was conducted to characterize the droplet spectrum with the use of water sensitive papers. The deposition and penetration in the lower, middle and upper parts of the plants and the runoff were also evaluated by the addition of a tracer (Brilliant Blue) to be quantified by spectrophotometry. The combination of electrostatic technology, with application rate of 200 L ha<sup>-1</sup>, and the use of adjuvant polyester polymethyl siloxane copolymer proved to be better than the other devices on the spray deposition in coffee plants, also showing the technical feasibility of using lower application rates.

**Index terms:** *Coffea arabica*, electrostatic application, spray, pesticide.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Devido à sua grande extensão territorial e clima diversificado, apresenta extensa faixa apta à produção de café, o qual é plantado desde próximo à latitude de 0°, no extremo norte do Pará, até a latitude de 25°, no Paraná. Com isso, torna-se necessária a adoção de manejos diferenciados nas distintas regiões, o que possibilita a produção de cafés com características próprias, específicas de cada localidade. O café arábica, normalmente, permeia regiões de altitudes elevadas, sendo cultivado em chapadas, encostas e montanhas.

A cafeicultura de montanha, no Brasil, representa área de grande potencial produtivo,

ocupando cerca de 600 mil ha, a segunda em tamanho, e abrange as áreas da zona serrana do Espírito Santo, Zona da Mata de Minas e do estado do Rio de Janeiro, e quase todo o Sul de Minas e áreas serranas em São Paulo, na divisa com Minas Gerais (SOUZA, 2012).

Esse modelo de cafeicultura é uma importante atividade social, visto que subsidia grande número de pessoas, sendo representado por pequenas propriedades administradas de forma familiar. Nota-se que 83,3% das propriedades não apresentam mais que 20 ha, representando 51,8% da área plantada com café, no estado de Minas Gerais. Para instalação, manutenção e colheita de 1 ha de café são necessários 80 a 90 dias/homem/ano (SOUZA, 2012).

<sup>1,2,3,4</sup>Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Instituto de Ciências Agrárias/ICIAG - Cx. P. 593 - 38.408-100 - Uberlândia -MG  
jefferson@sippcafe.com.br, jpcunha@iciag.ufu.br, rodrigo.agro.ufu@hotmail.com, lasmar84@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Cooxupé - Rodovia MG-190 Km 3 s/n - 38.500-000 - Monte Carmelo - MG - agronomos-07@cooxupe.com.br

Neste contexto, um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da planta de café a várias pragas e doenças (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Atualmente, a cafeicultura de montanha sofre com a escassez de mão de obra, o que reduz a capacidade operacional para realizar os tratamentos culturais, tendo como consequência surtos elevados de pragas e doenças. O relevo acidentado também é um fator que dificulta muito a aplicação de agrotóxicos, visto que não é possível entrar com pulverizadores hidropneumáticos tradicionais. Diante da falta de equipamentos apropriados, muitas vezes, os agricultores empregam equipamentos adaptados, que carecem de estudo mais profundo de desempenho.

O controle químico é o método mais utilizado para conter as infestações das pragas e a incidência das doenças, pela inexistência de alternativas mais eficazes. Contudo, o produtor rural é cada vez mais exigido sobre a utilização correta e criteriosa dos agrotóxicos. Entretanto, o que se vê no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011).

A correta deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta depende de diversos fatores, tais como o tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho de gota produzida pela ponta de pulverização, taxa de aplicação, velocidade de trabalho do pulverizador, velocidade do vento, tipo de equipamento utilizado e vazão de ar do ventilador.

O enfolhamento das plantas também é de fundamental importância no sucesso das aplicações. Os talhões de café apresentam grandes variações no enfolhamento, exigindo medidas específicas para adequação da necessidade e distribuição de calda, como a necessidade e o porte da planta. Neste sentido, o cafeeiro apresenta grandes desafios para a tecnologia de aplicação. As plantas apresentam desenvolvimento vegetativo com grande fechamento e área foliar, fazendo com que as aplicações para o controle de pragas e doenças necessitem de capacidade de penetração na massa de folhas para obter boa cobertura, mesmo na aplicação de produtos com características de ação sistêmica. Em lavouras desfolhadas, a facilidade no recobrimento das plantas é maior, porém, os desperdícios podem acontecer, principalmente onde a regulagem e calibração dos pulverizadores é realizada com base nos cafés mais enfolhados.

Algumas tecnologias têm sido pesquisadas e incorporadas à pulverização, visando auxiliar na aplicação correta. Dentre elas, tem-se

ressaltado o uso de adjuvantes agrícolas. Eles são compostos adicionados às formulações ou à calda de pulverização, que podem trazer benefícios como aumento no molhamento, na aderência, na facilidade de mistura e no espalhamento (CUNHA; PERES, 2010; YU et al., 2009).

Cunha, Bueno e Ferreira (2010) concluíram que a formação das gotas pode ser significativamente alterada, visto que adjuvantes alteram as propriedades físicas das caldas, como a tensão superficial e a viscosidade. Cunha e Alves (2009) avaliaram diferentes soluções aquosas e verificaram que houve redução do pH e aumento da condutividade elétrica da solução, dependendo do tipo de produto. Com relação ao espectro de gotas, Mota e Antuniassi (2013) verificaram que o uso de adjuvantes elevou o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), durante a pulverização. Entretanto, Cunha, Alves e Reis (2010), avaliando o tamanho de gotas com a adição de adjuvantes à calda, constataram redução no tamanho das gotas pulverizadas, o que demonstra que o efeito dos produtos não pode ser generalizado, visto que depende de cada formulação.

A pulverização eletrostática é um sistema que carrega eletricamente as gotas, sendo alternativa para melhorar a qualidade das aplicações. A diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo faz com que as mesmas sejam atraídas pela planta. Alguns trabalhos têm demonstrado a vantagem do uso do sistema eletrostático, como o realizado por Sasaki et al. (2013), na cultura do café, os quais verificaram que o sistema eletrostático aumentou a deposição de líquido em 37%. Zhou et al. (2012) também relataram que o sistema eletrostático pode aumentar a deposição de calda e reduzir as perdas, quando comparado à outras técnicas de pulverização.

Entretanto, segundo Hislop (1988), alguns equipamentos eletrostáticos não proporcionam resultados consistentes de controle, porque os projetos desenvolvidos não geram gotas com nível de carga suficiente para melhorar a deposição, ou o tamanho de gotas produzidas não é adequado para uso com carga eletrostática. A tensão superficial e a viscosidade da calda também podem interferir na pulverização eletrostática (ZHENG; ZHOU; XU, 2002). Maski e Durairaj (2010) afirmam que a condutividade elétrica e a constante dielétrica são as duas principais propriedades que afetam a carga adquirida pelas gotas pulverizadas, fazendo com que a adição de adjuvantes à calda possa aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático, na medida em que altera as propriedades da calda.

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Sítio Usina, localizado no município de Nova Resende/MG. A localização geográfica é latitude 21°05'16" S e longitude 46°29'45" O e altitude de 1.123 m. Utilizou-se cafeeiro cultivar Catuaí 144, plantada em 2004, com espaçamento de 2,5 x 1,0 m. A área tem declividade média de 24% (Classe de Relevô Ondulado), encontrava-se em fase de pós-colheita e apresentava altura de, aproximadamente, 2,20 m, intenso vigor vegetativo e bom enfolhamento. O índice de área foliar das plantas, medido seguindo metodologia proposta por Favarin et al. (2002), foi de 6,16 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>.

O trabalho foi realizado em 2014, de acordo com o delineamento de blocos casualizados, compostos de três linhas de café, com 11 tratamentos (Tabela 01) e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 52,5 m<sup>2</sup>, sendo três linhas de café, com sete metros de comprimento. A parcela útil foi constituída por área de 10 m<sup>2</sup>, sendo considerada apenas a linha central, desprezando-se 1,5 m em cada extremidade, como área de bordadura.

Foram utilizados quatro tipos de equipamentos para pulverizações na cafeicultura de montanha: pulverizador costal motorizado (Atomizador), com e sem tecnologia eletrostática, triciclo adaptado para pulverização, pulverizador costal motorizado adaptado SHP 800 Echo e pulverizador costal manual.

O pulverizador costal motorizado era da marca Stihl, modelo SR 420, com e sem a tecnologia eletrostática. Este equipamento utiliza-se do princípio pneumático para a formação e o fracionamento de gotas. Seu motor tem potência de 2,6 kW e cilindrada de 56,5 cm<sup>3</sup>, depósito de 13 litros e vazão de ar de 750 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, segundo informações do fabricante. Para as aplicações eletrostáticas, foi instalado um sistema de energização de gotas, da marca SPE (Figura 1). Essa tecnologia utiliza o método de indução de cargas indireto para a eletrificação das gotas e é composta por um conjunto de componentes que podem ser instalados em diferentes marcas de pulverizadores costais motorizados.

Em campo, ajustou-se a vazão do equipamento por meio de orifícios calibrados, para 1,5 L min<sup>-1</sup> e realizou-se a calibração para se aplicar uma taxa de aplicação de 100, 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>. Em todas as pulverizações, o motor do pulverizador

foi regulado na aceleração máxima e esperou-se o tempo de 15 segundos até a entrada em regime de trabalho constante. Uma vez atingida a rotação de regime, realizou-se a pulverização, considerando dois métodos: o sistema eletrostático ligado e o sistema eletrostático desligado.

No tratamento nove, foi utilizado um triciclo adaptado em uma motocicleta (Modelo Honda Fan 125), com o câmbio de um veículo automotor (Modelo Fiat Palio). Este equipamento dispunha de uma bomba Yamaho, modelo HS 30, com vazão de 27 L min<sup>-1</sup>, regulador de pressão, manômetro, filtros de linha, tanque de 200 litros com retorno via mangueira e duas hastes laterais verticais de oito saídas, equipadas com pontas do tipo jato cônico vazio, modelo MAG 03, de cor laranja, confeccionadas em cerâmica com ângulo de 80°, da marca Magno (Figura 2). Nesta operação, utilizou-se a 3ª marcha na moto e 2ª marcha no câmbio, com aceleração padrão determinada por uma marca, na manopla de aceleração. Trata-se de uma adaptação, realizada em pequenas oficinas, muito utilizada na região do ensaio para tratamentos fitossanitários em cafeeiros, contudo sem nenhum respaldo científico.

No tratamento 10, utilizou-se um pulverizador costal motorizado, modelo SHP 800, da marca Echo, com capacidade de 25 litros de calda, movido à gasolina, motor com cilindrada de 22,8 cm<sup>3</sup>, adaptado com duas hastes laterais e três saídas de cada lado, compondo, ao total, seis bicos equipados com pontas de jato plano, modelo BD 110-03, confeccionada em cerâmica com ângulo de 110°, marca Magno (Figura 3).

No tratamento 11, foi utilizado um pulverizador costal manual, modelo Jacto PJH, com capacidade de 20 litros e ponta de pulverização do tipo jato plano, modelo BD 110-03, da marca Magno.

Na aplicação, foi utilizado um único operador para a condução dos tratamentos com utilização de equipamentos costais. Antecedendo às aplicações, foram realizados testes com água, também conhecidos como teste em branco, para aferição de sua velocidade de trabalho e aplicação do volume proposto.

Nos tratamentos quatro, seis e oito, foi adicionado à calda de pulverização o adjuvante siliconado copolímero poliéster-polimetil siloxano (Break Thru®) na concentração de 0,025% (v/v). Trata-se de um espalhante adesivo não iônico, penetrante, do grupo químico dos silicones. Segundo o fabricante, isso aumenta a absorção e as características de molhamento e reduz a tensão superficial.

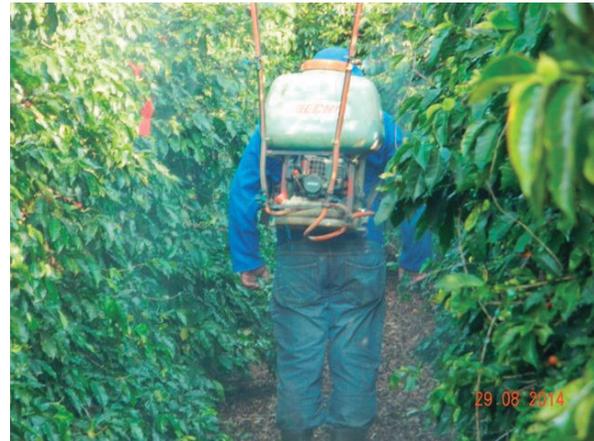
**TABELA 1** - Descrição dos tratamentos para avaliar diferentes formas de aplicação de agrotóxicos em cafeicultura de montanha.

Tratamentos	Concentração adjuvante	Taxa de aplicação
	% (v/v)	(L ha <sup>-1</sup> )
1 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	100
2 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	200
3 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	0,025	200
4 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	400
5 – Pulverizador costal motorizado	---	200
6 – Pulverizador costal motorizado	0,025	200
7 – Pulverizador costal motorizado	---	400
8 – Pulverizador costal motorizado	0,025	400
9 – Triciclo pulverizador	---	400
10 – Pulverizador costal motorizado adaptado	---	400
11 – Pulverizador costal manual	---	400

**FIGURA 1** - Pulverizador costal motorizado, com sistema eletrostático de pulverização.



**FIGURA 2** - Triciclo adaptado para pulverização na cafeicultura de montanha



**FIGURA 3** - Pulverizador costal motorizado SH 800 Echo, adaptado com duas hastes laterais.

Inicialmente, foi conduzido um estudo para caracterização do espectro de gotas pulverizadas, por meio da avaliação das gotas depositadas em papéis sensíveis à água (76 x 26 mm). Antes da pulverização, foi colocado um papel hidrossensível em cada parcela, grampeando-os às folhas, e mantendo-os voltados para cima, na região mediana da planta, a aproximadamente 1,3 m do solo. Posteriormente, foi feita a quantificação e a caracterização dos impactos em cada papel. Para isso, os papéis foram digitalizados por meio de um scanner (resolução espacial de 600 dpi não interpolados, com cores em 24 bits) e analisados utilizando-se o programa computacional CIR 1.5 (Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización), específico para essa finalidade.

Determinaram-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR) e a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  ( $\% < 100$ ).

Para avaliar a deposição nas plantas, foi adicionado à calda o traçador Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela Food, Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1), na dose de 300 g ha<sup>-1</sup>, em todos os tratamentos, para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

Mediu-se a deposição em folhas dos terços superior, médio e inferior do dossel e o escoamento de calda para o solo. Foram retiradas 10 folhas de ramos plagiotrópicos que se encontravam mais internas e próximas ao tronco do cafeeiro, numa altura aproximada de 0,20, 1,30 e 2,0 m do solo,

sendo acondicionadas em sacos plásticos dentro de caixas térmicas. Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foi colocada uma placa de petri, com 153,94 cm<sup>2</sup>, sob a copa das plantas de café, dentro da área de projeção da copa, a 0,2 m do caule.

Em laboratório, adicionou-se 100 mL de água destilada às amostras, para os sacos contendo as folhas, e 40 mL para as placas de petri, e efetuou-se, após a retirada do líquido resultante da lavagem, a leitura de absorvância das soluções contendo o traçador em um espectrofotômetro (Biospectro SP-22), regulado para um comprimento de onda de 630 nm. As áreas das folhas foram medidas através do programa de análise de imagens "Image Tool" (University of Texas, Texas, USA), após serem digitalizadas. Os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L<sup>-1</sup>) através de curva de calibração, procedendo-se, posteriormente, à divisão da massa de traçador pela área foliar de cada repetição ou área da lâmina de vidro, para se obter o valor da deposição em µg cm<sup>-2</sup>.

Durante as aplicações, foram monitoradas as condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A temperatura variou de 22,1 a 26,3° C, a umidade relativa de 39,5 a 58,2% e a velocidade do vento máxima foi de 3,6 km h<sup>-1</sup>. Embora a umidade estivesse abaixo do recomendado, estas são as condições nas quais geralmente se realiza o controle das pragas, principalmente do bicho-mineiro, após a colheita do café, entre os meses de agosto e outubro.

Para as análises estatísticas, inicialmente foram testadas as pressuposições dos dados. Para verificar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos, foram aplicados os testes de Levene e Shapiro Wilk, respectivamente, utilizando-se o programa estatístico SPSS (versão 17.0). Para que as pressuposições fossem atendidas a 0,01 de significância, apenas os dados de escorrimento e amplitude relativa do tamanho de gotas necessitaram ser transformados por raiz de X + 0,5. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott Knott, a 0,05 de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de aplicação de 400 L ha<sup>-1</sup> apresentaram diferenças com relação ao DMV e a %<100 (Tabela 2). A amplitude relativa do espectro de gotas não variou entre os tratamentos,

demonstrando que não houve influência na uniformidade de tamanho das gotas. Os tratamentos com menores taxas de aplicação proporcionaram os menores valores de DMV e os maiores de %<100. O tratamento 1, com taxa de 100 L ha<sup>-1</sup>, e os tratamentos 2, 3, 5 e 6, com taxa de 200 L ha<sup>-1</sup>, produziram gotas menores que variaram de 77,8 até 95,2 µm. Os tratamentos com volumes de 400 L ha<sup>-1</sup>, além de proporcionarem maior DMV, também registraram menor % de gotas inferiores a 100 µm.

Miranda et al. (2013) observaram maior DMV nas pulverizações do cafeeiro, em taxas maiores. Nas aplicações com taxas de 600 L ha<sup>-1</sup> foram obtidos maiores valores de DMV, quando comparados à taxa de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup>, concordando com o presente trabalho. Para um mesmo sistema de geração de gotas, maiores taxas de aplicação são obtidas com maiores orifícios restritores, que também geram maiores gotas.

Ainda em relação à Tabela 2, observam-se, nos tratamentos 4, 7, 8 e 9, gotas com DMV medindo entre 102 e 124 µm, enquanto nos tratamentos 10 e 11, com mesma taxa de aplicação ocorreram números maiores, próximos a 200 µm. Este fato se justifica pelo uso de pontas hidráulicas de jato plano, 110-03, nos tratamentos 10 e 11. Nos tratamentos 4, 7 e 8, o uso de atomizadores promove maior fracionamento das gotas, uma vez que são submetidas à uma intensa corrente de ar. No tratamento 9, foram utilizadas pontas de jato cônico vazio, MAG 02, com espectro de gotas finas. Em geral, os tratamentos produziram percentual muito alto (acima de 45,7%) de gotas com diâmetro inferior a 100 µm, sendo consideradas como de alto risco de deriva. As exceções foram os tratamentos 10 e 11, com pontas de jato plano, que produziram volumes menores com 13,6 e 3,5%, respectivamente, de gotas inferiores a 100 µm. Cunha et al. (2003) relataram que resultados abaixo de 15% de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm, em geral, sugerem aplicações mais seguras em relação à deriva.

Com relação ao uso do adjuvante siliconado (Tabela 2), não se observam influências no espectro de gotas. Oliveira et al. (2013), avaliando as características funcionais de diversos adjuvantes, também não encontraram diferença entre o DMV produzido com uma solução aquosa e outra com copolímero poliéster-polimetil siloxano. Resultados semelhantes também foram encontrados por Vallet e Tinet (2011), empregando pontas de pulverização de jato cônico vazio.

**TABELA 2** - Diâmetro médio volumétrico (DMV), amplitude relativa do tamanho de gota (AR) e porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  ( $\%<100$ ), em função das diferentes tecnologias de aplicação empregadas.

Tratamento	DMV	AR	$\%<100$
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha <sup>-1</sup> )	80,4 c	0,90 a	77,9 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha <sup>-1</sup> )	84,8 c	0,78 a	71,0 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	77,8 c	1,75 a	76,3 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha <sup>-1</sup> )	102,4 b	0,85 a	53,0 b
5 – Costal motorizado (200 L ha <sup>-1</sup> )	83,2 c	1,02 a	71,0 a
6 – Costal motorizado (200 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	95,2 c	0,89 a	68,9 a
7 – Costal motorizado (400 L ha <sup>-1</sup> )	110,2 b	0,87 a	45,7 b
8 – Costal motorizado (400 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	123,3 b	0,63 a	48,1 b
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha <sup>-1</sup> )	124,0 b	0,81 a	53,5 b
10 – Costal motorizado adaptado (400 L ha <sup>-1</sup> )	196,9 a	0,59 a	13,6 c
11 – Costal manual (400 L ha <sup>-1</sup> )	194,2 a	0,65 a	3,5 c
CV (%)	18,4	19,7	33,4
F <sub>calculado</sub>	16,01**	1,04 <sup>ns</sup>	7,83**

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação. \*\* Significativo a 1%. <sup>ns</sup> Não significativo.

A deposição no terço superior e o escorrimento de calda para o solo não apresentaram diferenças (Tabela 3). As maiores distinções foram observadas nas regiões mediana e inferior, onde alguns tratamentos demonstraram benefícios em relação à propriedade de depositar mais produto sobre as folhas do cafeeiro.

No dossel superior do cafeeiro, a igualdade entre os tratamentos apresentada pelo teste de média revelou que a utilização de maiores taxas de aplicação não agregou em deposição de calda no ponteiro. O sistema eletrostático também não foi capaz de incrementar a deposição, possivelmente tendo em vista a distância entre o bocal do pulverizador e o alvo.

Em relação às aplicações eletrostáticas, no ponteiro do cafeeiro, observa-se a possibilidade de utilização de apenas 100 L ha<sup>-1</sup>, visto que o tratamento 1 proporcionou a mesma deposição comparada às demais. A semelhança deste tratamento com os de número 2, 3 e 4 enfatizou a viabilidade da tecnologia eletrostática para baixas taxas de aplicação. O aumento de calda não refletiu em aumento de deposição. Este resultado permite inferir sobre as oportunidades de ganhos operacionais com a economia de água.

Nos tratamentos 2, 4, 5 e 7, nota-se que o pulverizador costal motorizado também pode promover redução de volume sem diminuir a deposição na região superior de cafeeiros adultos. Verifica-se que o aumento de 200 para 400 L ha<sup>-1</sup> não promoveu ganho de deposição na região do ponteiro. Os tratamentos 2 e 5, com 200 L ha<sup>-1</sup>, foram iguais aos tratamentos 4 e 7, com 400 L ha<sup>-1</sup>.

Na região mediana do cafeeiro (Tabela 3), o tratamento 3 destacou-se entre os demais, produzindo deposição superior a todos os outros tratamentos. Observa-se que a associação do adjuvante siliconado com a tecnologia eletrostática promoveu maior concentração de produto sobre as folhas. Sasaki et al. (2015) observaram que o uso de alguns adjuvantes em pulverização eletrostática melhorou a energização das gotas e reduziu o DMV.

A associação do adjuvante com aplicação eletrostática demonstrou a viabilidade de uso de menores volumes de água para aplicação de fitossanitários em cafeeiros adultos de montanha, podendo agregar em eficácia biológica no controle, e aumentar a capacidade de trabalho do aplicador, fator muito importante dada a escassez de mão de obra para este tipo de trabalho.

**TABELA 3** - Deposição de traçador no solo e em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro de montanha, promovida por diferentes tecnologias de aplicação.

Tratamento	Deposição ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha <sup>-1</sup> )	0,62 a	0,69 b	0,52 b	0,20 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha <sup>-1</sup> )	0,53 a	0,76 b	0,61 b	0,31 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	0,85 a	1,13 a	0,96 a	0,19 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha <sup>-1</sup> )	0,73 a	0,79 b	0,76 a	0,36 a
5 – Costal motorizado (200 L ha <sup>-1</sup> )	0,63 a	0,68 b	0,69 a	0,21 a
6 – Costal motorizado (200 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	0,68 a	0,73 b	0,77 a	0,23 a
7 – Costal motorizado (400 L ha <sup>-1</sup> )	0,82 a	0,79 b	0,73 a	0,43 a
8 – Costal motorizado (400 L ha <sup>-1</sup> ) + Adjuvante	0,72 a	0,82 b	0,78 a	0,25 a
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha <sup>-1</sup> )	0,69 a	0,79 b	0,81 a	0,28 a
10 – Costal motorizado adaptado (400 L ha <sup>-1</sup> )	0,83 a	0,80 b	0,56 b	0,29 a
11 – Costal manual (400 L ha <sup>-1</sup> )	0,79 a	0,65 b	0,77 a	0,26 a
CV (%)	22,7	20,0	20,3	21,7
F <sub>calculado</sub>	1,53 <sup>ns</sup>	2,68*	2,79*	1,39 <sup>ns</sup>

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação. \* Significativo a 5%. <sup>ns</sup> Não significativo.

O desempenho do tratamento 6 comprova que o adjuvante sozinho, sem a tecnologia eletrostática, não conferiu o mesmo ganho, evidenciando o benefício de utilização conjunta do adjuvante com a tecnologia eletrostática, conforme verificado no tratamento 3. Maski e Durairaj (2010) afirmam que a adição de adjuvantes à calda, ao se alterarem as propriedades do líquido, pode aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático. Este resultado também pode ser explicado pela capacidade do adjuvante de alterar o comportamento da gota na interface com o alvo. O copolímero poliéster-polimetil siloxano é um produto com grande capacidade de redução de tensão superficial e aumento do molhamento. Estudo realizado por Montório et al. (2005) concluiu que os adjuvantes organossiliconados Silwet L-77 e Break Thru, entre 15 produtos, foram os que atingiram os menores valores de tensão superficial, chegando a 20 mN m<sup>-1</sup> em soluções aquosas.

Na região inferior da planta (Tabela 3), nota-se que os tratamentos 1, 2 e 10 promoveram deposições inferiores aos demais tratamentos. No tratamento 10, acredita-se que o posicionamento dos bicos em relação às folhas internas não é adequado para promover boa distribuição. Esse

resultado poderia ser melhorado variando a altura entre as pontas de pulverização, de forma a adequar melhor o equipamento aos diferentes formatos de plantas. Os tratamentos 1 e 2 também tiveram desempenho inferior. Esse resultado pode estar relacionado a um possível aterramento das folhas em contato com a lança, ou a uma possível incapacidade de molhamento, proveniente de aplicações com menores taxas, sem a adição do adjuvante.

Novamente, o tratamento em que houve associação de adjuvante e sistema eletrostático produziu melhor deposição, estando entre aqueles que promoveram maior deposição de calda na parte inferior. Ressalta-se que essa é uma região muito importante quando se pensa em sanidade vegetal, visto que muitos fungos e pragas têm seu desenvolvimento favorecido pelo microclima dessa parte da planta.

#### 4 CONCLUSÕES

A utilização de pulverizadores costais motorizados, com menores taxas de aplicação gera gotas de menor tamanho, com elevado potencial de deriva.

A tecnologia eletrostática, associada ao uso

de adjuvante siliconado, é melhor que as demais, visto que promove melhoria na deposição de calda em cafeeiros de montanha adultos, principalmente em relação a equipamentos adaptados.

Há viabilidade técnica na redução da taxa de aplicação de 400 L ha<sup>-1</sup>, para 200 L ha<sup>-1</sup>, desde que empregada tecnologia de aplicação adequada.

## 5 REFERÊNCIAS

- CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**, Caracas, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvante de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.
- CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1153-1158, 2010. Número especial.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 312-316, 2011.
- CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influências de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.
- FAVARIN, J. L. et al. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.
- HISLOP, F. C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota, v. 2, n. 1, p. 94-104, 1988.
- MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray-charging system. **Journal of Electrostatics**, London, v. 68, n. 2, p. 152-158, 2010.
- MIRANDA, G. R. B. et al. Equipamentos de pulverização associados a volumes de calda e avaliados por alvos artificiais em cafeeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 22, p. 448-459, 2013.
- MONTÓRIO, G. A. et al. Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2005.
- MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 1-5, 2013.
- OLIVEIRA, R. B. et al. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 986-992, 2013.
- SASAKI, R. S. et al. Adjuvante nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 1-7, 2015.
- \_\_\_\_\_. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013.
- SOUZA, C. A. S. **A colônia vazia**: trabalhadores sem trabalho e sem morada na fazenda de café do Sul de Minas Gerais. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Política Social) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
- VALLET, A.; TINET, C. Surfactant influence on droplet size and velocity spectra from hollow cone and air induced sprays. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Libertyville, v. 1, n. 5, p. 718-727, 2011.
- YU, Y. et al. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and sprays additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009.
- ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 3, n. 2, p. 1-12, 2002.
- ZHOU, Y. et al. Development and application prospects of pneumatic sprayer in orchard. **Asian Agricultural Research**, Singapore, v. 4, n. 1, p. 78-80, 2012.