



Deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha, *Coffea arabica* L.

JEFFERSON GITIRANA NETO¹, JOÃO PAULO A. R. DA CUNHA², OLINTO LASMAR³,
ERIK BUENO BORGES⁴, ISAIAS DOS REIS MAIA MARTINS⁵

¹ Engº Agrônomo, Doutor em Agronomia, ICIAG/UFU, Uberlândia - MG.

² Engº Agrícola, Prof. Dr. PhD, Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Campus Umuarama, Uberlândia - MG, Fone: (0XX34) 3218.2225, jpcunha@iciag.ufu.br

³ Engº Agrônomo, Dr. Agronomia, Pós-doutorando, ICIAG/UFU, Uberlândia - MG.

⁴ Engº Agrônomo, Responsável Técnico, Cooxupé, Nova Resende – MG

⁵ Técnico agrícola, Responsável Técnico, Cooxupé, Nova Resende – MG

Resumo: A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas com grandes desafios tecnológicos no manejo fitossanitário. Este trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha, *Coffea arabica* L. O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com 11 tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados equipamentos comumente empregados nas aplicações da cafeicultura de montanha (pulverizador costal motorizado, triciclo adaptado para pulverização, Pulverizador SHP 800 Echo e pulverizador costal manual) associados ou não a tecnologia eletrostática e adjuvante siliconado, em diferentes taxas de aplicação. Inicialmente, foi conduzido um estudo para caracterização do espectro de gotas pulverizadas com o uso de papel hidrossensível. A deposição e penetração da calda nas partes inferior, média e superior das plantas e o escoamento para o solo foram avaliados por meio da adição de um traçador para quantificação por espectrofotometria. A associação da tecnologia eletrostática, com taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹, e o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano melhorou a deposição de calda em cafeeiros adultos, mostrando também a viabilidade técnica da utilização de menor volume de água na preparação das caldas.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, aplicação eletrostática, adjuvante, cafeicultura de montanha, defensivos agrícolas.



Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Na safra 2014, produziu mais de 45,3 milhões de sacas beneficiadas, sendo 32,3 milhões de café arábico (*Coffea arabica* L.) e 13,0 milhões de conilon (*Coffea canephora* Pierre) (CONAB, 2015). O estado de Minas Gerais concentra a maior área com a espécie arábica, correspondendo a 67,7% da área ocupada com este café em nível nacional. Em 2015, as regiões Sul e Centro-Oeste do estado devem responder por 45% da produção mineira. As regiões da Zona da Mata, Rio Doce e Central, produzirão 31%, o Cerrado Mineiro 21%, e o Norte de Minas, Jequitinhonha e Mucuri, 3% da produção estadual (CONAB, 2015).

Devido a sua grande extensão territorial e clima diversificado, o Brasil apresenta uma 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, induzindo os produtores a adoção de manejos diferenciados nas diferentes regiões, bem como possibilitando a produção de cafés com características próprias, específicas de cada localidade. O café arábico, normalmente, permeia regiões de altitudes elevadas, sendo cultivado em chapadas, encostas e montanhas (FERREIRA et al., 2013).

A cafeicultura de montanha no Brasil representa uma 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 um 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 de café no estado. Para instalação, manutenção e colheita de 1 ha de café são necessários 80 a 90 dias/homem/ano (SOUZA, 2012).

Neste contexto, um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da planta de café a várias pragas e doenças, que aparecem desde a fase de viveiro até a lavoura no campo, elevando os custos e reduzindo tanto a produção, quanto a qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2012). Atualmente a cafeicultura de montanha sofre com a escassez de mão de obra, o que reduz a capacidade operacional para



realizar os tratos culturais, tendo como consequência surtos elevados de pragas e doenças. O relevo acidentado também é um fator que dificulta muito o manejo fitossanitário, visto que não é possível entrar com pulverizadores hidropneumáticos tradicionais. Em face a falta de equipamentos apropriados, muitas vezes os agricultores empregam equipamentos adaptados, que carecem de um 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 produtos fitossanitários; entretanto, o que se vê no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação. As aplicações, muitas vezes, não são eficientes, nem tampouco eficazes, porque não se utilizou a melhor técnica ou equipamento, que determinariam o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados (CUNHA et al., 2011).

A correta deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta dependem 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 deslocamento do pulverizador, velocidade do vento, tipo de equipamento utilizado e vazão de ar do ventilador (RAETANO, 1996).

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, com a necessidade e o porte da planta. Neste sentido, essa cultura 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 fitopatógenos necessitem de capacidade de penetração na massa de folhas para uma 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 dos pulverizadores é realizada com base nos cafés mais enfolhados.

Quanto melhor a tecnologia de aplicação, melhor é a aplicação, menor é a dose necessária para controle efetivo, menor é a quantidade de produto que atinge outros alvos, mais eficiente é o controle, logo, menor é o número de aplicações necessárias. Todos esses



fatores contribuem para maior conservação ambiental, além de considerável economia com o uso de insumos (BAESSO et al., 2014).

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 (YU et al., 2009; CUNHA; PERES, 2010).

Cunha et al. (2010a) descreveram que a formação das gotas pode ser significativamente alterada, visto que estes produtos 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 et al. (2010b), 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, sistema que carrega eletricamente as gotas, é alternativa tecnológica para melhorar a qualidades 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 eletrotático pode aumentar a deposição de calda e reduzir as perdas, quando comparado a 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 et al., 2002). Maski e Durairaj (2010) afirmam que a condutividade elétrica e a constante dielétrica



são as duas principais propriedades elétricas que afetam a carga adquirida pelas gotas pulverizadas, fazendo com que, portanto, a adição de adjuvantes à calda possa aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático, na medida em que alterar as propriedades da calda.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha.

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" e longitude 46°29'45" e altitude de 1123 m. O clima, segundo a classificação de Koppën, é do tipo Cwa, subtropical úmido, caracterizado como clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente. O solo é classificado como franco argiloarenoso.

Utilizou-se de cafeeiro cultivar Catuaí 144, plantada em 2004, com espaçamento de 2,5 x 1,0 m. A lavoura encontrava-se em fase de pós-colheita, porém apresentava altura de aproximadamente 2,20 metros, intenso vigor vegetativo e enfolhamento.

O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 11 tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de três linhas de café com sete metros de comprimento (52,5 m²). Como parcela útil utilizou-se 10 m², sendo considerada apenas a linha central, desprezando-se 1,5 m em cada extremidade como área de bordadura. O ensaio foi aplicado em agosto de 2014, conforme os tratamentos descritos na Tabela 1.

Nos tratamentos, 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 SHP 800 Echo e pulverizador costal manual. Com exceção do eletrostático, os demais equipamentos foram selecionados tendo em vista o grande uso neste tipo de região e a falta de informações técnicas, que permitam a melhoria das aplicações. O eletrostático foi selecionado como uma opção para melhorar a deposição de calda e reduzir as taxas de aplicação.



Tabela 1 – Descrição dos tratamentos avaliados.

Tratamentos	Concentração de adjuvante	Taxa de aplicação
	% (v/v)	(L ha ⁻¹)
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 SHP 800 Echo	---	400
11 – Pulverizador costal manual	---	400

O pulverizador costal motorizado era da marca Stihl, modelo SR 420, com e sem a tecnologia eletrostática. Este equipamento utiliza do princípio pneumático para a formação e o fracionamento de gotas. Seu motor tem potência de 2,6 kW e cilindrada de 56,5 cm³, depósito de 13 litros e vazão de ar de 750 m³ h⁻¹. 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 composto por um conjunto de componentes que podem ser instalados em diferentes marcas de pulverizadores costais motorizados (Figura 2).



Figura 1. Pulverizador costal motorizado com sistema eletrostático de pulverização.



Figura 2. Composição do conjunto eletrostático: 1- ponteira eletrostática, 2- cabo preto de alta tensão, cabo verde de alta tensão, 4- cabo branco duplo de aterramento, 5- conexão, 6- corrente de aterramento, 7- vela de ignição, 8- niple da mangueira.

Em campo, ajustou-se a vazão do equipamento, por meio de orifícios calibrados, para $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e realizou-se a calibração para se aplicar uma taxa de aplicação de 100, 200 e 400 L ha^{-1} . Em todas as pulverizações, o motor do pulverizador foi regulado na aceleração máxima e esperou-se o tempo de 15 s até a entrada em regime do eixo motor. Uma vez atingida à 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 e vazão de 27 L min^{-1} , com 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 3). Nesta operação, utilizou-se 3º marcha na moto e 2º 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.



Figura 3. Triciclo adaptado para pulverização na cafeicultura de montanha.

No tratamento 10, utilizou-se um pulverizador costal, modelo SHP 800, da marca Echo com capacidade de 25 litros de calda, movida à gasolina, da marca Echo, adaptada com duas hastes laterais e três saídas de cada lado, compondo, ao total, seis bicos equipados com pontas de jato plano, modelo BD11003, confeccionada em cerâmica com ângulo de 110°, marca Magno (Figura 4).

No tratamento 11, foi utilizado um pulverizador costal manual, modelo Jacto PJH, também com capacidade de 20 litros e ponta de pulverização do tipo de jato plano, modelo BD11003, da marca Magno.



Figura 4. Pulverizador SHP 800 Echo adaptado com duas hastes laterais.

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, aumenta absorção e as características de molhamento e reduz a tensão superficial.



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, buscando mantê-los sobre as folhas, na posição horizontal, 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 μm ($\% < 100$). A amplitude relativa (AR) foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$AR = (D_{v0,9} - D_{v0,1}) / D_{v0,5}$$

em que: $D_{v0,1}$ = diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, μm ; $D_{v0,5}$ = diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, μm ; e $D_{v0,9}$ = diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, μm .

Para avaliar a deposição nas plantas, foi adicionado à calda o traçador Azul Brillante (catalogado internacionalmente pela Food, Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1), na dose de 300 g ha^{-1} , 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 folhas de ramos plagiotrópicos que se encontravam mais internas e próximas ao tronco do cafeeiro, numa altura aproximada de 20, 130 e 200 cm do solo, sendo acondicionadas em sacos plásticos dentro de caixas térmicas. Em cada repetição, foram coletadas 10 folhas para cada altura de planta. Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foi colocada uma placa de petri, com 153,94 cm^2 , sob a copa das plantas de café, dentro da área de projeção da copa, a 0,2 m do caule.

Em laboratório, adicionou-se água destilada em quantidade conhecida às amostras, 100 mL 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^{-1}) através de curva de calibração, procedendo-se posteriormente a divisão da massa de traçador pela área foliar de cada repetição ou área da lâmina de vidro, para se obter a valor da deposição em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

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^{-1} . Embora a umidade estivesse abaixo do recomendado, estas são as condições nas quais geralmente se realiza o controle das pragas, principalmente o 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 o programa estatístico SPSS (versão 17.0). Para que as pressuposições fossem atendidas a 0,01 de significância, apenas os dados de escoamento e amplitude relativa do tamanho de gotas necessitaram ser transformados por raiz de $X + 0,5$. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott Knott, a 0,05 de significância, por meio do programa Sisvar.

Resultados e discussão

Os dados de DMV, AR e %<100 encontram-se na Tabela 2. Observa-se que os volumes de 400 L ha^{-1} apresentaram diferenças com relação ao DMV e a %<100. A amplitude relativa do espectro de gotas não variou entre os tratamentos, demonstrando que não houve influencia na uniformidade de tamanho das gotas. Os tratamentos com menores taxas de aplicação apresentaram os menores valores de DMV e os maiores de %<100. O tratamento 1, com taxa de 100 L ha^{-1} , e os tratamentos 2, 3, 5 e 6, com taxas de 200 L ha^{-1} , apresentaram gotas menores que variaram de 77,8 até 95,2 μm .



Miranda et al. (2013) também observaram maior DMV em taxas maiores nas pulverizações do cafeeiro arábico. Nas aplicações com taxas de 600 L ha⁻¹ foram obtidos maiores valores de DMV, quando comparados a taxas de 150 e 300 L ha⁻¹.

Os tratamentos com volumes de 400 L ha⁻¹, além de demonstrarem números maiores de DMV, também registraram outra observação, neste caso, relacionada a ponta de pulverização. Observam-se, nos tratamentos 4, 7, 8 e 9, gotas com DMV medindo entre 102,4 e 124 µm, enquanto nos tratamentos 10 e 11, com mesma taxa de aplicação, verificam-se valores maiores, de quase 200 µm. Este fato se justifica pelo uso nos tratamentos 10 e 11 de pontas hidráulicas de jato plano, 11003, e nos tratamentos 4, 7, 8 e 9, de atomizadores que geram grande corrente de ar com maior fracionamento das gotas. No tratamento 9, foram utilizadas pontas de jato cônico vazio, MAG 02, com espectro de gotas finas. A pulverização hidráulica gera gotas de maior tamanho do que a pulverização pneumática.

Os resultados encontrados na Tabela 2 mostram que os tratamentos, em geral, produziram um percentual muito alto 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 apresentaram 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 a deriva.

Em se tratando da pulverização eletrostática, quanto menor o diâmetro da gota mais fácil de carregá-las eletricamente. O grande diferencial da utilização desse sistema na aplicação de fitossanitários é o poder da atração, pois as gotas adquirem uma carga estática, ficando carregadas e atraídas pelo alvo. O sistema é apto para trabalhar com gotas muito finas, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas (SPE, 2015). Portanto, espera-se que pulverizações com menor DMV sejam mais eficientes com o emprego de carga eletrostática.

Com relação ao uso do adjuvante siliconado não se notou influencia 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 μm ($\%<100$) em função das diferentes tecnologias de aplicação empregadas.

Tratamento	DMV	AR	$\%<100$
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha ⁻¹)	80,4 c	0,90 a	77,9 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha ⁻¹)	84,8 c	0,78 a	71,0 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha ⁻¹) + Adjuvante	77,8 c	1,75 a	76,3 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha ⁻¹)	102,4 b	0,85 a	53,0 b
5 – Costal motorizado (200 L ha ⁻¹)	83,2 c	1,02 a	71,0 a
6 – Costal motorizado (200 L ha ⁻¹) + Adjuvante	95,2 c	0,89 a	68,9 a
7 – Costal motorizado (400 L ha ⁻¹)	110,2 b	0,87 a	45,7 b
8 – Costal motorizado (400 L ha ⁻¹) + Adjuvante	123,3 b	0,63 a	48,1 b
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha ⁻¹)	124,0 b	0,81 a	53,5 b
10 – Pulverizador SHP 800 Echo (400 L ha ⁻¹)	196,9 a	0,59 a	13,6 c
11 – Costal manual (400 L ha ⁻¹)	194,2 a	0,65 a	3,5 c
CV (%)	18,4	19,7	33,4
F _{calculado}	16,01 ^{**}	1,04 ^{ns}	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%. ^{ns} Não significativo.

Na Tabela 3, observa-se a deposição do traçador ($\mu\text{g cm}^{-2}$) no solo e em folhas, resultante da utilização dos diferentes tratamentos. A deposição no terço superior e o escoamento de calda para o solo não apresentaram diferenças. 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. Com relação à perda para o solo, possivelmente o grande enfolhamento da lavoura levou a um pequeno escoamento em todos os tratamentos, aliado ao uso de taxas de aplicação inferiores a 400 L ha⁻¹.

No dossel superior do cafeeiro, a semelhança 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 do cafeeiro. O sistema eletrostático também não foi capaz de incrementar a deposição. Esta região da planta é a mais distante do ponto de lançamento das gotas e, portanto, de maior dificuldade para a chegada das gotas. Embora o sistema eletrostático promova atração entre gota e alvo, esta só ocorre em intensidade estando a gota já próxima do alvo, o que faz com que a gota também esteja sujeita a dificuldade de deposição.

Outro ponto que colabora com o resultado apresentado é que nos pulverizadores costais motorizados, o fluxo da calda é por gravidade. Quando o líquido se desloca por gravidade, a altura da lança interfere na vazão do equipamento, assim, estando a lança voltada para o ponteiro do cafeeiro o fluxo de calda é menor do que voltada para baixo.

Tabela 3. Deposição de traçador ($\mu\text{g cm}^{-2}$) no solo e em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro de montanha, promovida por diferentes tecnologias de aplicação.

Tratamento	Deposição			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha ⁻¹)	0,62 a	0,69 b	0,52 b	0,20 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha ⁻¹)	0,53 a	0,76 b	0,61 b	0,31 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha ⁻¹) + Adjuvante	0,85 a	1,13 a	0,96 a	0,19 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha ⁻¹)	0,73 a	0,79 b	0,76 a	0,36 a
5 – Costal motorizado (200 L ha ⁻¹)	0,63 a	0,68 b	0,69 a	0,21 a
6 – Costal motorizado (200 L ha ⁻¹) + Adjuvante	0,68 a	0,73 b	0,77 a	0,23 a
7 – Costal motorizado (400 L ha ⁻¹)	0,82 a	0,79 b	0,73 a	0,43 a
8 – Costal motorizado (400 L ha ⁻¹) + Adjuvante	0,72 a	0,82 b	0,78 a	0,25 a
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha ⁻¹)	0,69 a	0,79 b	0,81 a	0,28 a
10 – Pulverizador SHP 800 Echo (400 L ha ⁻¹)	0,83 a	0,80 b	0,56 b	0,29 a
11 – Costal manual (400 L ha ⁻¹)	0,79 a	0,65 b	0,77 a	0,26 a
CV (%)	22,7	20,0	20,3	21,7
F _{calculado}	1,53 ^{ns}	2,68*	2,79*	1,39 ^{ns}

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%. ^{ns} Não significativo.



Em relação às aplicações eletrostáticas, no ponteiro do cafeeiro, observa-se a possibilidade de utilização de apenas 100 L ha⁻¹, visto que o tratamento 1 demonstrou a mesma deposição comparada aos 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 proporcionalmente em aumento de deposição. Este resultado permite inferir sobre as oportunidades de ganhos operacionais com a economia de água.

Nos tratamentos 2, 5, 4 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⁻¹ não promoveu ganho de deposição na região do ponteiro. Os tratamentos 2 e 5, com 200 L ha⁻¹, foram iguais aos tratamentos 4 e 7, com 400 L ha⁻¹.

Na região mediana do cafeeiro (Tabela 3), o tratamento 3 destacou-se entre os demais, demonstrando uma deposição de traçador 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 taxas menores para aplicação de fitossanitários em cafeeiros adultos de montanha, podendo agregar em eficiência biológica no controle e aumentar a capacidade de trabalho do aplicador.

O desempenho do tratamento 6 evidenciou a necessidade de utilização conjunta do adjuvante com a tecnologia eletrostática para obtenção dos referidos resultados. O adjuvante sozinho, sem a tecnologia eletrostática, não conferiu o mesmo ganho. Maski e Durairaj (2010) afirmam que a adição de adjuvantes à calda, ao se alterar 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) mostrou que os adjuvantes organosiliconados Silwet L-77 e Break Thru, dentre 15 produtos, foram os que atingiram os menores valores de tensão superficial, chegando a 20 mN m⁻¹ 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 apresentou boa deposição, estando dentre aqueles que promoveram maior deposição de calda na parte inferior. Ressalta-se que esta é uma região muito importante quando se pensa em sanidade vegetal, visto que muitos fungos e pragas têm seu desenvolvimento favorecido pelo microclima desta parte da planta.

Conclusões

A utilização de pulverizadores costais motorizados com menores taxa de aplicação (100 e 200 L ha⁻¹) gerou gotas de menor tamanho, mais adequadas a pulverização eletrostática, do que equipamentos com pontas hidráulicas.

A associação da tecnologia eletrostática em pulverizadores costais motorizados, com taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹, e o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano melhorou a deposição de calda em cafeeiros de montanha adultos, mostrando também a viabilidade técnica da utilização de menor volume de água (200 L ha⁻¹) na preparação das caldas.

Referências

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p.780-785, 2014.

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.



- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café, Safra 2015, Primeiro Levantamento, janeiro/2015**. Brasília, 2015. p. 1-41.
- CUNHA, J.P.A.R. ; TEIXEIRA, M. M. ; COURY, J.R. ; FERREIRA, L.R. . 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.; 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, 2010b.
- 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, n. spe., p. 1153-1158, 2010a.
- 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.
- FERREIRA, W. P. M.; FERNANDEZ FILHO, E. I.; RIBEIRO, M. F. SOUZA, C. F. Influência da radiação solar na cafeicultura de montanha. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, **Anais...** Brasília, 2013. 5 p.
- 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.; RAETANO, C. G.; CUNHA, M. D. Q; PINHEIRO, J. M; LOPES, P. R., PRADO, A. S.; CARVALHO, R. H.; GONÇALVES, M. P. 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.
- 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.



MONTÓRIO, G. A.; VELINI, E. D.; MACIEL, C. D. G.; MONTÓRIO, T. Eficácia dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2005.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. B.; CHECHETTO, R. G. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, p. 986-992, 2013.

RAETANO, C. G. **Condições operacionais de turboatomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citros**. 1996. 93 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M. M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R. P.; MACIEL, C. F. S.; FERNANDES, H. C. 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.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. 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, p. 718-727, 2011.

YU, Y.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and sprays additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, St. 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**, St. Joseph, v. 3, n. 2, p.1-12, 2002.

ZHOU, Y; LI-JUN, Q.; SHOU-XING, J.; XUAN, Z.; XIANG-JIN, M.; ZHI-HUI, T. CONG-JU, S. Development and application prospects of pneumatic sprayer in orchard. **Asian Agricultural Research**, Singapore, v.4, n.1, p.78-80, 2012.