



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA  
CAFEICULTURA.**

JEFFERSON GITIRANA NETO

2015

JEFFERSON GITIRANA NETO

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA  
CAFEICULTURA.

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

**UBERLÂNDIA**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

G536t      Gitirana Neto, Jefferson, 1970-  
2015      Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura /  
Jefferson Gitirana Neto. - 2015.  
60 f. : il.

Orientador: João Paulo A. Rodrigues da Cunha.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Café - Cultivo - Teses. 3. Pulverização -  
Eletrostática - Teses. 4. Defensivos vegetais - Teses. I. Cunha, João  
Paulo A. Rodrigues da, 1976-. II. Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

---

JEFFERSON GITIRANA NETO

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA  
CAFEICULTURA.

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado, área de  
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de  
“Doutor”.

APROVADA em 23 de março de 2015.

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio	UFU
Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga	UFU
Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira	IFTM
Dr. Leomar Paulo de Lima	IFTM

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

## DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Jefferson Gitirana Filho e Ana Lúcia Soares Rosa, que me geraram e criaram com educação e carinho. A minha esposa Sinara de Oliveira Santos e minhas filhas Isabella Herber Gitirana, Marianna Herber Gitirana e Lia Santos Gitirana, que me incentivaram, estando sempre ao meu lado. Obrigado pelo amor, alegria e confiança.

## AGRADECIMENTOS

Louvo a Deus sobre todas as coisas. Foi Ele quem criou a terra e os seres vivos convivendo em perfeita harmonia e, através de um sopro do Espírito Santo, deu vida ao homem. Foi Ele que me conduziu até aqui. A Ele toda honra e toda a glória!

Agradeço de forma especial a minha mulher amada, Sinara de Oliveira Santos. Minha eterna companheira e meu eterno amor.

As minhas filhas, Isabella Herber Gitirana, Marianna Herber Gitirana e Lia Santos Gitirana, grandes incentivadoras e razões especiais do meu viver.

À Universidade Federal de Uberlândia, a todos seus professores, alunos e servidores, pelo convívio e a oportunidade de estudar.

Ao meu orientador, João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, pela confiança, orientação, atenção e cuidado, especialmente dedicados a essa jornada.

Aos doutores Marcus Vinícius Sampaio, Cleyton Batista de Alvarenga, Carlos Alberto Alves de Oliveira e Leomar Paulo de Lima, membros da Banca Examinadora, pelas valiosas contribuições e grande presteza em nos atender.

Aos colegas da Pós-Graduação e do Lamip, em especial a Rodrigo Santos Marques, Vitor Almeida, Guilherme Souza Alves e Olinto Lasmar, pelo companheirismo e apoio na condução dos estudos.

À empresa SPE, nas pessoas de Juliano Petry e de Valdecir de Oliveira.

Aos técnicos da Cooxupé, em especial a Erik Bueno Borges e Isaías dos Reis Maia Martins.

Aos meus irmãos, sobrinhos, cunhados, demais familiares e amigos.

Aos meus irmãos na fé e caminhada.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1 – CAPÍTULO 1	
1.1. Introdução Geral .....	3
1.2. Objetivos .....	7
Referências .....	8
2- CAPÍTULO 2. Deposição de calda e controle químico do bicho mineiro do café com diferentes pontas de pulverização e uma barra auxiliar.	
2.1. Resumo .....	11
2.2. Abstract .....	12
2.3. Introdução .....	13
2.4. Material e Métodos .....	15
2.5. Resultados e Discussão .....	20
2.6. Conclusões .....	24
Referências .....	25
3- CAPÍTULO 3. Deposição de calda aplicada em folhas de cafeeiro promovida pela pulverização hidropneumática com e sem carga eletrostática	
3.1. Resumo .....	26
3.2. Abstract .....	27
3.3. Introdução .....	28
3.4. Material e Métodos .....	30
3.5. Resultados e Discussão .....	33
3.6. Conclusões .....	38
Referências .....	39
4- CAPÍTULO 4. Deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha.	
4.1. Resumo .....	42
4.2. Abstract .....	43
4.3. Introdução .....	44
4.4. Material e Métodos .....	48
4.5. Resultados e Discussão .....	54
4.6. Conclusões .....	58
Referências .....	59

## RESUMO

GITIRANA NETO, J. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura, *Coffea arabica* L.** 2015. 60f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas com grandes desafios tecnológicos, principalmente no que se refere à aplicação de produtos fitossanitários. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes pontas de pulverização, volumes de calda e barra auxiliar, bem como a deposição de calda e na eficácia biológica no controle do bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville). Também foi avaliado o desempenho de equipamentos hidropneumáticos, com e sem carga eletrostática, na cafeicultura do cerrado, e a deposição de calda promovida na cafeicultura de montanha. Foram conduzidos três estudos distintos em Uberlândia/MG (Café de Cerrado), Rio Paranaíba/MG (Café de Cerrado) e Nova Resende/MG (Café de Montanha). A deposição e penetração da calda nas partes inferior, média e superior das plantas e o escorrimento para o solo foram avaliados pela adição do traçador Azul Brilhante FD&C Blue n.1, para quantificação por espectrofotometria. A eficácia de controle do bicho-mineiro foi avaliada por meio do percentual de larvas vivas. Os resultados indicaram que o emprego da barra auxiliar aumentou a deposição de calda na região inferior da planta, porém reduziu na região mediana, além de aumentar o escorrimento. A ponta de jato cônico vazio com indução de ar também aumentou o escorrimento. A pulverização eletrostática em equipamentos hidropneumáticos proporcionou maior deposição de calda no terço inferior do cafeeiro. No dossel inferior e médio das plantas, o pulverizador Twister, da marca Montana, dotado de dutos de ar direcionado, teve melhor desempenho que o equipamento com bicos dispostos ao longo dos arcos laterais, o Arbus, da marca Jacto. O volume de calda empregado nos pulverizadores hidropneumáticos sem carga eletrostática (200 a 500 L ha<sup>-1</sup>) não influenciou a deposição de calda nas plantas e as perdas para o solo, que foram menores quando se empregou o pulverizador eletrostático. Na cafeicultura de montanha, a pulverização eletrostática, de 200 L ha<sup>-1</sup>, com o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano, aumentou a deposição de calda em cafeeiros adultos.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, Asa Gitirana, pulverização eletrostática e hidropneumática, adjuvante, cafeicultura, defensivos agrícolas, bicho mineiro.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – ICIAG/UFU.



## ABSTRACT

GITIRANA NETO, J. **Phytosanitary product application technology in *Coffea arabica* L. crop.** 2015. 60f. Thesis (Doctorate in Agriculture/Crop Science) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

Coffee crop is an important agricultural activity in Brazil that faces great technological challenges, especially for pesticide application. This study was done to determine the effect of different spray nozzles, mixture volumes and side sprayer bar, as well as deposition of mixture on biological efficacy of control of leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville). Also, the performance of hydropneumatic equipment was evaluated, with or without electrostatic charge, on coffee crop in the savannah, and the deposition of the mixture in hillside crop. Three independent studies were done, one in Uberlândia/MG (savannah coffee), one in Rio Paranaíba/MG (savannah coffee) and one in Nova Resende/MG (hillside coffee). Mixture deposition and penetration in lower, medium and upper canopy and run-off to soil were evaluated by the addition of the tracer Brilliant Blue FD&C Blue n.1, for quantification by spectrophotometry. Control efficacy of leaf miner was evaluated by the percentage of live larvae. Results indicated that the use of the side bar increased mixture deposition in the lower canopy; however, deposition in the middle third of the plant was reduced, and run-off increased. The hollow cone sprayer tip with air induction also increased run-off. Electrostatic spraying in hydropneumatic equipment resulted in greater mixture deposition in the lower canopy of coffee. Sprayer Twister, manufactured by Montana, coupled with directed air ducts, had better performance in plant lower and medium canopy than Arbus, from Jacto, with nozzles placed along side arches. Mixture volume used in hydropneumatic sprayers with no electrostatic charge (200 to 500 L ha<sup>-1</sup>) did not affect mixture deposition on plants and losses to soil, which were smaller with the use of electrostatic sprayer. Electrostatic sprayer, in hillside coffee plantation, at 200 L ha<sup>-1</sup>, with the use of copolymer polyester-polymethyl siloxane adjuvant, increased mixture deposition in adult coffee plants.

**Keywords:** *Coffea arabica*, Gitirana wing, electrostatic and hydropneumatic spray, adjuvant, coffee crop, pesticides, leaf miner.

Supervisor: Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – ICIAG/UFU.

# 1. CAPÍTULO 1

## 1.1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Na safra 2014, produziu mais de 45,3 milhões de sacas beneficiadas. Destas, 32,3 milhões foram de café arábica (*Coffea arabica* L.) e 13 milhões de conilon (*Coffea canephora* Pierre) (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. Essa diversidade induz os produtores à adoção de manejos diferenciados para cada região, bem como possibilita a produção de cafés com características próprias, específicas de cada localidade (FERREIRA et al., 2013).

O café arábico, normalmente, permeia regiões de altitudes elevadas, sendo cultivado em chapadas, encostas e montanhas (FERREIRA et al., 2013). Entretanto, as particularidades de cada região são bem distintas e as dificuldades no manejo acabam trazendo como consequência surtos elevados de pragas e doenças. A grande parte das lavouras é de material susceptível a agentes nocivos, que aparecem desde a fase de viveiro até a lavoura no campo, elevando os custos e reduzindo a produção e a qualidade do produto final (CARVALHO et al., 2012). Além do dano direto à produção, geram grandes níveis de desfolha, comprometendo o potencial produtivo da planta por vários anos.

Entre as táticas de manejo, o controle químico é o método mais utilizado para conter as infestações de pragas pela inexistência de alternativas mais eficazes no modelo agrícola preestabelecido. 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, tampouco os produtos são eficazes, porque não se utilizou a melhor técnica ou equipamento que determinariam o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo (CUNHA et al., 2011).

A escassez de mão-de-obra e o relevo acidentado na cafeicultura de montanha refletem uma baixa capacidade operacional na realização dos tratamentos culturais,

dificultando o manejo fitossanitário, visto que não é possível entrar com pulverizadores hidropneumáticos tradicionais. Em face da falta de equipamentos apropriados, os cafeicultores se veem obrigados a desenvolver equipamentos adaptados, que carecem de maiores estudos para maior eficiência.

Em regiões mecanizadas, com o uso de equipamentos hidropneumáticos tratorizados, como nas regiões do Cerrado Mineiro, Sul de Minas, Alta Mogiana e Chapadas de Minas Gerais e da Bahia, a diversidade no manejo confere condições distintas ao porte, vigor e enfolhamento dos cafeeiros, considerando os diferentes talhões na fazenda. Essas características associadas ao clima, ao alvo biológico e às condições de cada máquina, exigem conhecimentos específicos para medidas adequadas à realidade de cada talhão da fazenda.

Desta forma, o cafeeiro apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, principalmente no que se refere à penetração da calda no dossel da cultura e à redução da endo e exoderiva. A arquitetura da planta e o índice de área foliar dificultam a cobertura das folhas pelo ingrediente ativo. Uma das formas de se obter boa deposição em alvos biológicos é a escolha correta da técnica de pulverização e do volume de calda (CUNHA et al., 2011).

O enfolhamento das plantas é importante no sucesso das aplicações, porém os talhões de café apresentam grandes variações com relação à arquitetura de copa, porte e a densidade de folhas, exigindo medidas específicas para distribuição de calda em conformidade com a necessidade da planta. As plantas apresentam desenvolvimento vegetativo com grande fechamento e área foliar, fazendo com que as aplicações para o controle de pragas necessitem de penetração na massa de folhas para uma boa cobertura, mesmo na aplicação de produtos com ação sistêmica. Em lavouras desfolhadas, a facilidade no recobrimento das plantas é maior, porém os desperdícios podem acontecer, principalmente, onde a calibração dos pulverizadores é realizada com base nos cafés mais enfolhados. Cunha et al. (2005) observaram que, dentre outras razões, as perdas e desperdícios de produtos ocorrem devido a inadequação do volume aplicado com as características da cultura. Dentre estas, destacam-se os aspectos estruturais da copa (ROSELL POLO et al., 2009).

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 eficaz 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).

A deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta dependem de diversos fatores, tais como: tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho de gota, volume de aplicação, velocidade de trabalho, velocidade e direção do vento, tipo de equipamento e vazão de ar do ventilador (RAETANO, 1996), observando-se também os tipos de adjuvantes, densidade de folhas e índice de área foliar.

Segundo Viana et al. (2010), obtendo-se uma distribuição uniforme com um determinado diâmetro e número de gotas, seria possível obter sucesso em uma aplicação mesmo com volume aplicado menor. Estudos têm sido feitos com o uso de reduzidos volumes de calda em culturas arbóreas, demonstrando ser uma técnica promissora (BALAN et al., 2006; FERNANDES et al., 2010).

Contudo, a definição do melhor volume em uma aplicação é uma difícil decisão por parte dos agricultores, visto que baixos volumes podem levar a cobertura deficiente, e volumes elevados podem onerar a aplicação, principalmente pela redução da capacidade operacional. De acordo com Silva et al. (2008), existe pouca informação concernente à quantidade e distribuição do volume de calda aplicado para um controle efetivo de pragas na cultura do café.

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) relataram que o uso desses produtos poderia alterar, significativamente, o processo de formação de gotas, visto que interferem nas propriedades físicas da calda, como a tensão superficial e a viscosidade. Cunha e Alves (2009) avaliaram diferentes soluções aquosas e verificaram que algumas caldas promoveram redução do pH e aumento da condutividade elétrica da solução. 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 também se constitui em uma estratégia viável para melhorar a deposição de calda sobre as folhas com o uso de volumes reduzidos, podendo diminuir as perdas por deriva, pois cria uma diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo, fazendo 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%.

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. Entretanto, Zheng et al. (2002) afirmaram que a pulverização eletrostática pode melhorar a distribuição e deposição das gotas na planta, com menor contaminação ambiental, volumes reduzidos de calda, menor custo no processo de pulverização e melhor eficácia de controle do tratamento em comparação com pulverizadores convencionais. Zhou et al. (2012) também relataram que o sistema eletrostático aumentou a deposição de calda e reduziu as perdas quando comparado a outras técnicas de pulverização.

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 a adição de adjuvantes à calda possa aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático, na medida em que altera as propriedades da calda.

Cunha et al. (2011), estudando formas de melhorar a penetração de calda na copa de cafeeiros em pulverizadores já em uso, sem a necessidade de grandes investimentos financeiros, em lavouras bem enfolhadas e intenso vigor vegetativo, observaram que o uso de um dispositivo, dotado de uma barra auxiliar horizontal com bicos de pulverização voltados para cima, acoplada a um pulverizador hidropneumático convencional, denominado Asa Gitirana, aumentou, em média, 92% a deposição da calda, quando comparado ao tratamento sem Asa.

## 1.2. OBJETIVOS

Dessa forma, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

1- Avaliar a deposição de calda no cafeeiro e a eficácia biológica no controle do bicho-mineiro por meio da pulverização hidropneumática com diferentes pontas, com e sem o emprego de uma barra auxiliar, denominada “Asa Gitirana”.

2- Estudar a deposição de calda pulverizada em folhas de cafeeiro e a perda para o solo promovida pela pulverização hidropneumática, em diferentes volumes de calda, com e sem carga eletrostática, na cafeicultura do cerrado.

3- Avaliar a deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha.

## 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.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistemas de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.

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.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.133-138, 2005.

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.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 130-135, 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.

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.

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.

ROSELL POLO, J. R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNO, J.; ESCOLA, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRACIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJA, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACÍN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystem Engineering**, London, v. 102, p. 128-134, 2009.

SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, N. 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.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 66-73, 2008.

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.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

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**, Singapura, v. 4, n. 1, p. 78-80, 2012.

## 2. CAPÍTULO 2.

### Deposição de calda e controle químico do bicho mineiro do café com diferentes pontas de pulverização e uma barra auxiliar.

#### 2.1. RESUMO

A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas com grandes desafios tecnológicos, principalmente no que se refere à aplicação de produtos fitossanitários. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a deposição de calda no cafeeiro, as perdas para o solo e a eficácia no controle do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville)), promovida pela pulverização hidropneumática com diferentes pontas, com e sem o emprego de uma barra auxiliar. A deposição nas partes inferior, média e superior das plantas e as perdas para o solo foram avaliadas por meio da adição do traçador Azul Brilhante FD&C Blue n.1 à calda, para quantificação por espectrofotometria. Também foi avaliado o controle químico do bicho-mineiro, por meio da contagem do número de lagartas vivas, após a aplicação dos inseticidas cloridrato de cartape e fenpropatrin. O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ : com ou sem Asa, três tipos de pontas de pulverização (jato cônico vazio - MAG 02, jato plano - AD 11002 e jato cônico vazio com indução de ar - TVI 8002) e uma testemunha sem aplicação. Os fatores não interagiram nas respostas de deposição, escorrimento e controle. O emprego da Asa aumentou a deposição na região inferior da planta, porém reduziu na região mediana, além de aumentar o escorrimento. A ponta de jato cônico com indução de ar aumentou o escorrimento. As diferentes pontas não promoveram diferenças na deposição, mostrando a viabilidade do uso de pontas de jato cônico com gotas grossas e de pontas de jato plano. Todos os tratamentos químicos reduziram a densidade do bicho mineiro, sendo que não foram encontradas diferenças entre as pontas, independente do uso da Asa.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., pulverização, Asa Gitirana, tecnologia de aplicação, bicho mineiro.

## 2. CAPÍTULO 2.

### Mixture deposition and chemical control of coffee leaf miner with different spray nozzles and side bar

#### 2.2. ABSTRACT

Coffee growing is an important agricultural activity in Brazil, facing great technological challenges, especially for pesticide application. This study evaluated mixture deposition on coffee leaves, losses to soil and control efficacy of the leaf miner (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville)), promoted by hydropneumatic spraying with different nozzles, with or without a side bar. Deposition in the lower, medium and upper thirds of the plant and losses to soil were evaluated by the addition of Brilliant Blue FD&C Blue n.1 tracer to the mixture for quantification by spectrophotometry. Chemical control of the leaf miner was evaluated by the counting the number of live larvae after spraying with insecticides cartap hydrochloride and fenprothrin. The assay was done as randomized blocks, with four replications, as a 2 x 3 + 1 factorial: with or without the Wing, three spray nozzles (hollow cone - MAG 02, flat fan - AD 11002, hollow cone with air induction - TVI 8002) and a control with no sprays. There was no significant interaction among deposition, run-off and pest control. Use of the wing increased deposition in plant lower third; however, it was reduced in the middle third, and run-off increased. The hollow cone with air induction increased run-off. Different nozzles did not promote different depositions, demonstrating the viability of using hollow cones with coarse droplets and flat fan. All chemical treatments reduced leaf miner density, regardless of nozzles and wing use.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., spray, Gitirana wing, spray technology, leaf miner.

### 2.3. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade das plantas 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).

Em lavouras tecnificadas e de alto potencial produtivo, 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. 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 depende de diversos fatores, tais como o tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho de gota produzida pela ponta de pulverização, volume de calda, velocidade de deslocamento do pulverizador, velocidade do vento, tipo de equipamento utilizado e vazão de ar do ventilador (RAETANO, 1996). Entretanto, na cafeicultura, o enfolhamento das plantas é um fator muito relevante. Os talhões de uma fazenda de café apresentam variações no volume de copa, exigindo medidas específicas para adequação da necessidade e distribuição de calda com a necessidade e o porte da planta.

Nesse contexto, tal cultura apresenta grandes desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários. 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 grande 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 regulação dos pulverizadores é realizada com base nos cafés mais enfolhados.

Cunha et al. (2011), estudando formas de melhorar essa penetração em pulverizadores já em uso sem a necessidade de grandes investimentos financeiros, em lavouras bem enfolhadas e intenso vigor vegetativo, além de boa sanidade vegetal,

observaram que o uso de um dispositivo dotado de uma barra auxiliar horizontal com bicos de pulverização voltados para cima e acoplada a um pulverizador hidropneumático convencional denominado Asa Gitirana, aumentou, em média, 92% a deposição da calda quando comparado ao tratamento sem Asa.

A seleção correta das pontas de pulverização pode incrementar a qualidade da aplicação, pois conferem características como tamanho de gota e vazão, promovendo maior segurança e efetividade no controle de insetos, patógenos ou plantas daninhas (VIANA et al., 2010).

O bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville), é considerado praga chave da cultura no Brasil (SOUZA; REIS, 2000), uma vez que é favorecido por estações quentes e secas e pelo tipo de manejo aplicado na cafeicultura. O sintoma do ataque é caracterizado pelo aparecimento de manchas necrosadas nas folhas, ocasionadas pela destruição do parênquima celular pela fase jovem do inseto, que habita o mesófilo foliar, acarretando a queda da folha (NAKANO et al., 2002).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda no cafeeiro, as perdas para o solo e a eficácia biológica no controle do bicho-mineiro, através da pulverização hidropneumática com diferentes pontas, com e sem o emprego da uma barra auxiliar, denominada “Asa Gitirana”.

## 2.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental do Glória, no Setor de Cafeicultura, e no Laboratório de Mecanização Agrícola, pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG. A localização geográfica é de 18°58'52" latitude Sul e 48°12'24" longitude Oeste, e altitude de 912 m.

Utilizou-se uma lavoura de café cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, com 12 anos de idade, espaçada em 3,5 x 0,70 m, em outubro de 2013. A lavoura encontrava-se em fase de pós-colheita, apresentando uma alta infestação de bicho mineiro com nível intenso de desfolha (Figura 1).

Foi utilizado um pulverizador hidropneumático (turbo-atomizador) de arrasto, da marca Jacto, modelo Arbus 2000, depósito com capacidade de 2000 L, 24 bicos montados em dois arcos curvos nas laterais, bomba de pistão com vazão de 150 L min<sup>-1</sup>, ventilador axial com diâmetro de 850 mm e vazão de ar de 19 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, conforme especificações do fabricante, com e sem o auxílio da barra auxiliar, a Asa Gitirana (Figura 2).



Figura 1. Aspecto vegetativo da lavoura utilizada.



Figura 2. Detalhe do pulverizador com a barra auxiliar, Asa Gitirana.

O pulverizador foi tracionado e acionado por um trator Massey Ferguson 265E, 4 x 2 TDA, com potência de 47,8 kW (65 cv). Foram avaliadas as pontas AD 11002, MAG 02 e TVI 8002, com e sem o auxílio da Asa Gitirana. As pressões de trabalho foram ajustadas para a obtenção da taxa de aplicação de 500 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 1).

Foram utilizadas três pontas diferentes: a primeira do tipo AD 11002, do tipo jato plano, confeccionada em cerâmica com ângulo de 110°, a segunda do tipo MAG 02, com jato cônico vazio, confeccionada em cerâmica com ângulo de 80°, ambas de

fabricação da Empresa Magnojet. A terceira, modelo TVI 8002, também de cerâmica, porém de fabricação da Empresa Albu, do tipo jato cônico vazio com indução de ar. De acordo com os fabricantes, as duas primeiras produzem gotas finas e, a terceira, gotas extremamente grossas, em função da indução de ar. A velocidade de trabalho do trator foi mantida em 7,2 km h<sup>-1</sup>, assim como a rotação da TDP mantida em 540 rpm, aferida com um tacômetro.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos avaliados

Tratamentos		Taxa de aplicação	Pressão
Asa Gitirana	Ponta	(L ha <sup>-1</sup> )	(kPa)
1 – Sem	AD 11002	500	345 (50 lbf pol <sup>-2</sup> )
2 – Com	AD 11002	500	345 (50 lbf pol <sup>-2</sup> )
3 – Sem	MAG 02	500	690 (100 lbf pol <sup>-2</sup> )
4 – Com	MAG 02	500	690 (100 lbf pol <sup>-2</sup> )
5 – Sem	TVI 8002	500	517 (75 lbf pol <sup>-2</sup> )
6 – Com	TVI 8002	500	517 (75 lbf pol <sup>-2</sup> )
7 – Testemunha		---	---

O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, compostos de quatro linhas de café, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 3 + 1: com ou sem Asa Gitirana, três tipos de pontas de pulverização (jato cônico vazio - MAG 02, jato plano - AD 11002 e jato cônico vazio com indução de ar - TVI 8002) e uma testemunha sem aplicação. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de café com 15m de comprimento (210m<sup>2</sup>). Como parcela útil, utilizou-se 63m<sup>2</sup>, foram consideradas apenas as duas linhas centrais, com bordadura de 3 metros em cada extremidade.

A aplicação foi realizada no dia 14/10/2013, de acordo com os tratamentos descritos na Tabela 1, após a realização da colheita mecanizada do café, feita no mês de Julho. Trata-se de um período no qual é comum a realização de tratamentos fitossanitários visando principalmente ao controle do bicho-mineiro.

Foram estudadas a deposição de calda na folhagem do cafeeiro, as perdas para o solo e a eficácia biológica no controle do bicho mineiro. Os tratamentos um e dois, com pontas modelo AD 11002, e os tratamentos três e quatro, com pontas do tipo MAG 02, utilizaram 24 saídas de pulverização durante a aplicação. Os tratamentos cinco e seis, com pontas de vazão maior do tipo TVI 8002, utilizaram apenas 20 saídas nas aplicações, com o objetivo de padronizar o volume de calda em 500 L ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos. Os tratamentos um e três utilizaram pontas dispostas diretamente nos arcos

do Arbus 2000. Os tratamentos dois e quatro tiveram 10 pontas fechadas nos arcos e outras 10 pontas acrescentadas na Asa Gitirana, sendo cinco pontas de pulverização de cada lado, voltadas para cima junto à barra auxiliar. Em contrapartida, para manter a mesma taxa de aplicação, cinco pontas foram fechadas de cada lado do arco, de forma alternada a começar por baixo. O tratamento cinco utilizou 20 pontas inseridas no arco e o tratamento seis, apenas 14 no arco, acrescentando outras seis saídas de pulverização dispostas na Asa Gitirana.

O equipamento, denominado de Asa Gitirana foi desenvolvido para ser acoplado a qualquer pulverizador hidropneumático, trabalhando conjuntamente com este, de forma a melhorar a deposição de calda, principalmente na parte interna inferior das plantas novas. O sistema de pulverização constituiu-se de uma estrutura metálica dobrada em forma de asa e uma tubulação interna com saídas para a conexão de dez bicos de pulverização voltados para cima, colocada em cada lado do pulverizador, junto ao solo, sob a saia do cafeeiro. A estrutura é acoplada através de uma base central com corpo articulado, que propicia a regulagem de espaçamento nas entrelinhas de plantio e altura de trabalho. Nas Asas fica inserida a barra distribuidora, afixada com o auxílio do mancal fixador, e sobre ela se acoplam os portas-bico. Para o uso do conjunto da Asa com o pulverizador fez-se a instalação de um divisor nas mangueiras que saem do comando.

Para a avaliação da deposição de calda, foi utilizado o traçador Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na dose de  $300 \text{ g ha}^{-1}$ , em todos os tratamentos, para ser detectado por absorbância em espectrofotometria. Mediu-se a deposição em folhas dos terços superior, médio e inferior do dossel e o escorrimento de calda para o solo. Foram retiradas folhas de ramos plagiotrópicos que se encontravam mais internas e próximas ao tronco do cafeeiro, nas duas linhas da parcela útil, numa altura aproximada de 0,2, 1,3 e 2,0 m do solo, sendo acondicionadas em sacos plásticos dentro de caixas térmicas. Em cada repetição, foram coletadas 10 folhas. Junto à aplicação do traçador, também foram aplicados os inseticidas cloridrato de cartape ( $1,0 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$ ) e fenpropatrin ( $0,4 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ ), além do sulfato de cobre pentahidratado ( $30,0 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$ ) e do espalhante adesivo ácido dodecilbenzenosulfônico (0,05 v/v). Trata-se de uma combinação usual de produtos empregados na região do ensaio para o controle do bicho-mineiro após realização da colheita mecanizada.



Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foram colocadas placas de petri com 153,94 cm<sup>2</sup> cada, sob a copa das plantas de café, dentro da área de projeção da copa, a 0,2 m do caule, sendo duas placas por repetição.

Em laboratório, adicionou-se 100 m L de água destilada às amostras, para os sacos contendo as folhas, e 40 m L para as placas de petri, e efetuou-se, após a retirada do líquido resultante da lavagem, a leitura de absorbância 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 absorbância foram transformados em concentração (mg L<sup>-1</sup>) através de curva de calibração, procedendo-se posteriormente a divisão da massa de traçador pela área foliar de cada repetição ou área da placa de vidro, para se obter o valor da deposição em µg cm<sup>-2</sup>.

A eficácia biológica foi avaliada no dia 01/11/2013 (18 dias após a aplicação), amostrando-se 10 minas viáveis por parcela, coletadas na região médio-superior da planta, onde se observou o número de lagartas vivas do bicho-mineiro. As minas viáveis foram aquelas que não apresentavam sintomas de predação, parasitismo ou abandono da lagarta, em função do estágio de pupa, durante a metamorfose.

Durante as aplicações, foram monitoradas as condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A temperatura variou de 30,5 a 34,1°C, a umidade relativa de 39,5% a 47,2% e a velocidade do vento de 1,0 a 3,6 m s<sup>-1</sup>. Embora sabidamente não sejam as condições ideais para a pulverização, estas são as condições nas quais, geralmente, se realiza o controle das pragas, principalmente o bicho-mineiro, nesta época do ano na região do Cerrado Mineiro, entre os meses de setembro e outubro. Dessa forma, buscou-se aproximar das condições normais executadas pelos produtores da região.

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). Atendidas todas as pressuposições a 0,01 de significância, os dados não foram transformados. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e com o tratamento adicional pelo teste de Dunnett, a 0,05 de significância.

A eficácia de cada tratamento foi determinada pela fórmula de Abbott (1925):

$$E\% = \frac{T - I}{T} \times 100, \text{ onde } T \text{ é o número de lagartas no tratamento testemunha, } I \text{ é o}$$

número de lagartas nos tratamentos inseticidas e  $E\%$  é o percentual de eficiência.

## 2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a deposição nas folhas do cafeeiro e as perdas junto ao solo, resultante da aplicação com três pontas de pulverização e com ou sem a utilização da Asa, notou-se que não houve interação significativa entre os fatores (Tabela 2). Para as posições mediana e inferior e para o escoamento, o uso da Asa promoveu diferenças significativas. As pontas diferenciaram quanto ao escoamento.

Tabela 2. Resumo do quadro de análise de variância dos dados referentes à deposição do traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) em folhas das posições superior, mediana e inferior de cafeeiros e junto ao solo, resultante da aplicação com três tipos de pontas de pulverização, com e sem a utilização da Asa Gitirana.

Fonte de variação	Valor do F calculado por posição			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
Ponta	0,929 <sup>ns</sup>	2,330 <sup>ns</sup>	0,182 <sup>ns</sup>	46,700**
Asa	0,161 <sup>ns</sup>	23,153**	5,685*	14,038**
Ponta x Asa	0,328 <sup>ns</sup>	1,784 <sup>ns</sup>	0,179 <sup>ns</sup>	0,753 <sup>ns</sup>
CV (%)	23,75	17,60	19,31	25,84

CV: coeficiente de variação. \*significativo a 0,05; \*\*significativo a 0,01; <sup>ns</sup> não significativo a 0,05.

Na Tabela 3, observa-se a deposição do traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro e as perdas para o solo, resultante da aplicação com os três tipos de pontas de pulverização. A ponta com indução de ar (TVI 8002) gerou maior escoamento em comparação às pontas com gotas finas (AD 11002 e MAG 02). O uso de menor taxa de aplicação poderia levar à redução da perda por escoamento.

Wenneker e Zande (2008) afirmam que as gotas com indução de ar, devido ao seu tamanho, apresentam um caimento vertical mais rápido, tendendo a se acumularem no solo. Silva et al. (2014) observaram maior escoamento com a utilização de pontas com indução de ar (TVI), quando comparadas a pontas ATR, do tipo cônico vazio. Nas pontas ATR, com menor tamanho de gotas (DMV), verificaram maior deposição sobre as folhas, provavelmente em razão de maior penetração e fixação no cafeeiro.

Tabela 3. Deposição em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro e perdas para o solo, resultante da aplicação com três tipos de pontas de pulverização.

Ponta de pulverização	Deposição de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )			
	Posição na planta			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
AD 11002	0,755 a	0,810 a	0,947 a	0,211 a
MAG 02	0,671 a	0,702 a	0,905 a	0,185 a
TVI 8002	0,787 a	0,681 a	0,897 a	0,531 b
DMS	0,228	0,167	0,230	0,104

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. DMS: diferença mínima significativa.

Esse resultado mostra a viabilidade do uso de pontas de jato cônico com gotas grossas e de pontas de jato plano. Tradicionalmente, os agricultores utilizam pontas de jato cônico vazio e pressões elevadas, acima de 700 kPa, durante as pulverizações com pulverizadores hidropneumáticos em cafeeiros, visando gerar gotas finas e com isso maior deposição e penetração da calda. No entanto, este tipo de tratamento gera elevado risco de deriva. Dessa forma, nota-se que é possível empregar gotas grossas, e até mesmo pontas de jato plano, ganhando-se segurança ambiental e maior vida útil do equipamento, em função da redução da pressão de trabalho, ao mesmo tempo em que se tem mantido o nível de deposição.

A Asa proporcionou maior deposição nas folhas inferiores, região também conhecida como o baixeiro da planta (Tabela 4). Esse resultado concorda com as observações de Cunha et al. (2011), que também relataram sobre a contribuição do dispositivo em melhorias na deposição de produtos, no baixeiro das plantas. O incremento na distribuição de gotas na região inferior pode contribuir com a maior eficácia dos fitossanitários no controle dos surtos iniciais de pragas que habitam essa região, e que ficam abrigadas sob as plantas. É o caso de pupas e adultos de bicho-mineiro, ferrugem, broca, ácaros, doenças que atacam as floradas, entre outras (GITIRANA NETO, 2012).

Ainda na Tabela 4, visualiza-se menor deposição sobre as folhas da região mediana da planta, quando se utilizou a Asa. Isso, provavelmente, ocorreu em razão de uma distribuição irregular de calda ao longo do perfil de pulverização. Com o uso da Asa, concentrou-se um número maior de pontas por baixo e reduziu-se o número de

pontas no arco de pulverização. A diferença no número de pontas pode ter prejudicado a deposição na região mediana.

Tabela 4. Deposição em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro e perdas para o solo, resultante da utilização ou não da Asa Gitirana.

Asa Gitirana	Deposição de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )			
	Posição			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
Sem	0,752 a	0,857 a	0,830 b	0,248 b
Com	0,723 a	0,604 b	1,002 a	0,370 a
DMS	0,152	0,112	0,154	0,069

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. DMS: diferença mínima significativa.

Na prática sugere-se reduzir o número de saídas na Asa, usar duplicadores de ponta nos arcos e/ou trabalhar com pontas de diferentes vazões ao longo do arco, respeitando-se a arquitetura ou formato da planta.

O uso da Asa aumentou a perda de traçador para o solo. Acredita-se que em plantas com um pequeno número de folhas, conforme verificado na lavoura em questão, pode contribuir para deposições em excesso, aumentando o escorrimento para o solo.

Percebe-se que os benefícios com a utilização da Asa estão ligados ao enfolhamento da cultura, do formato da copa e alvo biológico, a maior deposição na parte inferior das plantas pode ser benéfica quando o alvo biológico se localiza neste local.

Na Tabela 5, verifica-se o número médio de lagartas encontradas após aplicação com três tipos de pontas de pulverização, com e sem a utilização da Asa. Observa-se que o número de lagartas não foi influenciado pelo uso da Asa, nem tampouco pelo tipo de ponta utilizada. Ele foi influenciado somente pelo uso dos inseticidas (cloridrato de cartape e fenpropatrin) em comparação a testemunha. Nos tratamentos onde se acrescentaram os inseticidas, o número de lagartas foi inferior ao observado na testemunha, indicando o controle exercido pelos produtos.

Tabela 5. Número médio de lagartas encontradas após aplicação de inseticida com três tipos de pontas de pulverização, com e sem a utilização da Asa Gitirana.

Asa Gitirana	Número de lagartas			Média
	Ponta de pulverização			
	AD 11002	MAG 02	TVI 8002	
	Testemunha = 8,75			
Sem	3,25+	1,00+	4,25+	2,83 a
Com	2,25+	2,00+	1,50+	1,92 a
Média	2,75 A	1,50 A	2,87 A	
	C.V. = 48,50%			
	DMS <sub>ponta</sub> = 2,034		F <sub>ponta</sub> =1,821 <sup>ns</sup>	
	DMS <sub>asa</sub> = 1,366		F <sub>asa</sub> =1,985 <sup>ns</sup>	
	DMS <sub>test</sub> = 3,189		F <sub>inter</sub> =2,773 <sup>ns</sup>	
			F <sub>test</sub> =54,865 <sup>**</sup>	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem da testemunha pelo teste de Dunett. <sup>ns</sup>: não significativo; <sup>\*\*</sup>significativo a 0,01. CV: coeficiente de variação. DMS: diferença mínima significativa para ponta, asa e testemunha, respectivamente.

Avaliando-se a eficácia relativa dos tratamentos (Tabela 6), nota-se que os mesmos apresentaram níveis que variaram entre 60% e 89%, no controle do bicho mineiro. Na prática, a relação entre eficácia, custo e benefício é a solução mais recomendada. Sendo assim, os resultados demonstraram não haver necessidade de utilização do dispositivo Asa Gitirana em cafeeiros pouco enfolhados.

Tabela 6. Eficácia de controle do bicho mineiro, com três tipos de pontas de pulverização, com e sem a utilização da Asa Gitirana.

Tratamento	Eficácia de controle (%)
1 – Ponta AD 11002	69
2 – Ponta AD 11002 + Asa	74
3 – Ponta MAG 02	89
4 – Ponta MAG 02 + Asa	77
5 – Ponta TVI 8002	60
6 – Ponta TVI 8002 + Asa	83

## 2.6. CONCLUSÕES

Não existe interação entre a Asa Gitirana e as pontas de pulverização AD 11002, MAG 02 e TVI 8002, na deposição de calda no dossel do cafeeiro.

As diferentes pontas AD 11002, MAG 02 e TVI 8002, com ou sem o uso da Asa, apresentaram desempenho semelhante quanto à deposição de calda no dossel de folhas do cafeeiro e na mortalidade do bicho mineiro.

O uso da ponta de jato cônico vazio com indução de ar - TVI 8002 aumentou o escorrimento de calda para o solo.

O emprego da Asa aumentou a deposição de calda no baixeiro e diminuiu na região mediana do cafeeiro.

A utilização da Asa não apresentou benefícios para o cafeeiro, em fase de pós-colheita, possivelmente em razão da desfolha apresentada pela lavoura.

## 2.7. REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 18, p. 265-267, 1925.

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. R. da; 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.

GITIRANA NETO, J. **Dinâmica de pragas e doenças na cafeicultura sustentável**. Edição do Autor: Uberlândia, 2012.

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. D. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920 p.

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.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. R. A. da; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, campina Grande, v. 18, n. 12, p.1302-1306, 2014.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Pragas do cafeeiro: reconhecimento e controle**. Viçosa: CPT, 2000. 154 p.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n. 2, p.439-446, 2010.

WENNEKER, M.; ZANDE, J. C. van de. Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles. **CIGR e Journal**, Tóquio, v. 10,n. 1, p.1-10, 2008.



### 3. CAPÍTULO 3

#### Deposição de calda aplicada em folhas de cafeeiro promovida pela pulverização hidropneumática com e sem carga eletrostática

##### 3.1. RESUMO

Estudos relacionados à qualidade da aplicação de produtos fitossanitários no cafeeiro são ainda escassos. Dessa forma, esse trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a deposição de calda em folhas de cafeeiro e as perdas para o solo promovidas pela pulverização hidropneumática, em diferentes volumes de calda, com e sem carga eletrostática. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 4 + 1$ . Foram avaliadas a deposição de calda nos terços superior, médio e inferior e as perdas para o solo promovidas pela pulverização do traçador Azul Brilhante FD&C Blue n.1, empregando um pulverizador hidropneumático convencional e um com dutos de ar direcionado, com volumes de 200, 300, 400 e 500 L ha<sup>-1</sup>, e um pulverizador eletrostático, com volume de 130 L ha<sup>-1</sup>. A pulverização eletrostática proporcionou maior deposição de calda no terço inferior do cafeeiro. Nesta região e na parte média das plantas, pulverizador dotado de dutos de ar direcionado, o Twister 1500 da Montana, teve melhor desempenho do que o equipamento com bicos dispostos ao longo dos arcos laterais, o Arbus 2000 da Jacto. O volume de calda empregado nos pulverizadores hidropneumáticos sem carga eletrostática (200 a 500 L ha<sup>-1</sup>) não influenciou a deposição de calda nas plantas e as perdas para o solo, que foram menores quando se empregou o pulverizador eletrostático.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, pulverizador eletrostático, tecnologia de aplicação.

### 3. CAPÍTULO 3

#### Deposition of pesticide mixture applied to coffee leaves by hydropneumatic spraying with or without electrostatic charge

##### 3.2. ABSTRACT

Studies related to pesticide spraying quality in coffee plants are scant. Thus, this study analyzed the deposition of pesticides on coffee leaves and losses to soil after hydropneumatic spraying, in different mixture volumes, with or without electrostatic charge. The experimental design was randomized blocks, as a 2 x 4 + 1 factorial. Mixture deposition was evaluated on the upper, middle and lower thirds of the canopy and losses to soil caused after spraying the tracer Brilliant Blue FD&C Blue n.1, using a conventional hydropneumatic sprayer, one with directed air ducts, with volumes of 200, 300, 400 or 500 L ha<sup>-1</sup>, and one electrostatic sprayer, with volume of 130 L ha<sup>-1</sup>. Electrostatic spraying resulted in greater mixture deposition on coffee lower third. In this area and in the middle third, the sprayer with directed air ducts, Twister 1500 from Montana, had better performance than the equipment with nozzles placed along side arches, Arbus 2000 from Jacto. The mixture volume used in the hydropneumatic sprayers with no electrostatic charge (200 to 500 L ha<sup>-1</sup>) did not affect mixture deposition on leaves and losses to soil, which were smaller than that of the electrostatic sprayer.

**Keywords:** *Coffea arabica*, electrostatic sprayer, spray technology.

### 3.3. INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) apresenta diversos desafios para a tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários, principalmente no que se refere à penetração da calda no dossel da cultura e à redução da endoderiva e exoderiva. A arquitetura da planta e o grande índice de área foliar dificultam a boa cobertura das folhas pelo ingrediente ativo. Soma-se a isso o elevado risco de deriva ocasionado pela corrente de ar gerada pelos pulverizadores hidropneumáticos, que pode resultar em baixa eficácia biológica dos tratamentos e contaminação ambiental. Uma das formas de se obter boa deposição em alvos biológicos é a escolha do equipamento correto e do volume de calda.

Contudo, a definição deste volume é uma difícil decisão por parte dos agricultores, visto que baixos volumes podem levar a cobertura deficiente, e volumes elevados podem onerar a aplicação, principalmente pela redução da capacidade operacional. De acordo com Silva et al. (2008), existe pouca informação concernente à quantidade e distribuição do volume de calda aplicado para um controle efetivo de pragas e doenças na cultura do café. Cunha et al. (2005) observaram que, dentre outras razões, as perdas e desperdícios de produtos ocorrem pela inadequação do volume aplicado com as características da cultura. Dentre estas, destacam-se os aspectos estruturais da copa (Rosell Polo et al., 2009). Segundo Viana et al. (2010), obtendo-se uma distribuição uniforme com um determinado diâmetro e número de gotas, seria possível obter sucesso em uma aplicação mesmo com volume aplicado menor. Estudos têm sido feitos com o uso de reduzidos volumes de calda em culturas arbóreas (Balan et al., 2006; Fernandes et al., 2010), e esta técnica tem se mostrado promissora.

Uma alternativa para melhorar a deposição de calda sobre as folhas em volumes reduzidos, diminuindo perdas por deriva, é a pulverização com assistência eletrostática (Zhao et al., 2008; Maski; Durairaj, 2010). Algumas pesquisas têm demonstrado as vantagens da pulverização eletrostática (Maski; Durairaj, 2010; DERKSEN et al., 2007; LARYEA; NO, 2005; XIONGKUI et al., 2011).

Sasaki et al. (2013), avaliando um equipamento costal pneumático, também verificaram que o sistema eletrostático foi eficiente na pulverização em plantas de café. A pulverização eletrostática proporcionou incremento na deposição de calda de 37%. Zheng et al. (2002) afirmaram ainda que a pulverização eletrostática pode melhorar a distribuição e deposição das gotas na planta, com menor contaminação ambiental,

volumes reduzidos de calda, menor custo no processo de pulverização e melhor eficácia de controle do tratamento, em comparação com pulverizadores convencionais.

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.

Bayer et al. (2011), trabalhando com a cultura do arroz, verificaram menor penetração de gotas no interior da cultura e menores densidades de gotas com equipamento eletrostático, comparado a outros sistemas de pulverização. Magno Júnior et al. (2011) avaliaram a pulverização eletrostática em citros e também verificaram que a pulverização eletrostática não proporcionou aumento na deposição da calda de aplicação.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a deposição de calda pulverizada em folhas de cafeeiro e a perda para o solo promovida pela pulverização hidropneumática, em diferentes volumes de calda, com e sem carga eletrostática.

### 3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido pela equipe do LAMEC - Laboratório de Mecanização Agrícola – UFU, no município de Rio Paranaíba, MG, em lavoura de café cultivar Catuaí 144, com 8 anos de idade, espaçada em 3,8 x 0,65 m, em janeiro de 2014. O índice de área foliar das plantas, medido seguindo metodologia proposta por Favarin et al. (2002), foi de 5,49.

Foram avaliados três tipos de pulverizadores hidropneumáticos ou turboatomizadores de arrasto. O primeiro (Pulverizador A), modelo Jacto Arbus 2000 Super Export, possuía depósito com capacidade de 2000 L, 36 bicos montados em dois arcos curvos nas laterais, condução de ar comum a todos os bicos, bomba de pistões de 150 L min<sup>-1</sup>, ventilador axial com diâmetro de 850 mm e vazão de ar de 19 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, conforme especificações do fabricante. O segundo (Pulverizador B), modelo Montana Mãozinha Twister 1500, com depósito de 1500 L, possuía 32 bicos montados em oito dutos de ar direcionado (“mãozinhas”), bomba de membrana de 90 L min<sup>-1</sup>, ventilador com diâmetro de 900 mm e vazão de ar de 13,8 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, conforme especificações do fabricante. O equipamento possuía quatro “mãozinhas” de cada lado: a primeira e a quarta com três bicos cada; a segunda e a terceira com 5 bicos em cada mão, totalizando 32 bicos. O terceiro (Pulverizador C), modelo Montana Mãozinha Eletrostático, era semelhante ao pulverizador B, sendo apenas retiradas as “mãozinhas” e instalados de cada lado quatro dispositivos eletrostáticos modelo SPE (*Sistema de Pulverização Eletrostático*), posicionados a 0,35, 1,10, 1,85 e 2,60 m em relação ao solo. O sistema produz campo elétrico de alta voltagem (5000 V) na base do jato de pulverização produzido por pontas de jato cônico vazio, carregando eletricamente as gotas. A carga é gerada devido ao campo elétrico produzido por anéis de indução ligados a um gerador de alta voltagem.

Os pulverizadores foram tracionados e acionados por um trator John Deere 5425N 4 x 2 TDA, com potência de 57,4 kW (78 cv). As pontas empregadas em cada tratamento encontram-se descritas na Tabela 1. As pressões de trabalho foram ajustadas para a obtenção dos volumes de calda desejados, dentro da faixa de pressão recomendada para as pontas.

O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, compostos por quatro linhas de café. As parcelas experimentais foram constituídas em 228 m<sup>2</sup>, sendo quatro linhas de café com 15 m de comprimento. Como parcela útil, utilizou-se 98,8 m<sup>2</sup>,

sendo consideradas apenas as duas linhas centrais, desprezando-se 1,0 m em cada extremidade.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos avaliados

Tratamento	Equipamento	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Ponta	Pressão (kPa)
1	Pulverizador A (Arbus)	500	MAG 02	410
2	Pulverizador A (Arbus)	400	MAG 02	290
3	Pulverizador A (Arbus)	300	MAG 01	840
4	Pulverizador A (Arbus)	200	MAG 01	400
5	Pulverizador B (Twister)	500	MAG 02	650
6	Pulverizador B (Twister)	400	MAG 02	500
7	Pulverizador B (Twister)	300	MAG 01	1000
8	Pulverizador B (Twister)	200	MAG 01	410
9	Pulverizador C (Eletrostático)	130	SPE 03	700

Foram realizados nove tratamentos em esquema fatorial 2 x 4 + 1, sendo os fatores os pulverizadores (Pulverizador A e B) e os volumes de calda (200, 300, 400 e 500 L ha<sup>-1</sup>) e o tratamento adicional, o Pulverizador C, com equipamento eletrostático ligado regulado para 130 L ha<sup>-1</sup>, conforme descrito na Tabela 1. Cada tratamento constou de quatro repetições, nas quais foram estudadas a deposição de calda na folhagem do cafeeiro e as perdas para o solo. O pulverizador eletrostático foi testado apenas no volume de 130 L ha<sup>-1</sup>, tendo em vista que seu grande diferencial em relação aos equipamentos tradicionais é a possibilidade de redução do volume de calda. Além disso, o equipamento, de acordo com o fabricante, não tem bom desempenho com altos volumes, em virtude da dificuldade de energizar as gotas.

As pontas utilizadas MAG 1, MAG 2 e SPE 03 são de jato cônico vazio, produzidas em cerâmica com ângulo de 80°. De acordo com os fabricantes, nas pressões empregadas, as duas primeiras produzem gotas finas e, a terceira, gotas muito finas. A velocidade de trabalho do pulverizador foi de 7,8 km h<sup>-1</sup> em todos os tratamentos, assim como a rotação da TDP mantida em 540 rpm, aferida com auxílio de um tacômetro.

Para a avaliação da deposição de calda, foi utilizado o traçador Azul Brilhante FD&C Blue n.1 na dose de 300 g ha<sup>-1</sup> em todos os tratamentos. Mediu-se a deposição em folhas dos terços superior, médio e inferior do dossel e o escorrimento de calda para o solo. Foram retiradas folhas de ramos plagiotrópicos que se encontravam mais internamente e próximos ao tronco do cafeeiro, numa altura de 0,20, 1,30 e 2,0 m do solo, sendo acondicionadas em sacos plásticos dentro de caixas térmicas. Em cada

repetição, foram coletadas 10 folhas. Junto à aplicação do traçador também foi aplicado o fungicida Azoxystrobin + Cyproconazole (750 mL ha<sup>-1</sup>) e óleo mineral parafínico (0,5% v/v).

Para a avaliação das perdas de calda para o solo foram colocadas placas de petri com 149,51 cm<sup>2</sup> cada sob a copa das plantas de café dentro da área de projeção da copa a 0,2 m do caule, sendo duas placas por repetição.

Em laboratório, adicionou-se água destilada na quantidade de 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 absorbância 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 absorbância foram transformados em concentração (mg L<sup>-1</sup>) 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 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 23,2 a 29,4°C, a umidade relativa de 62% a 80% e a velocidade do vento de 3,0 a 4,4 km h<sup>-1</sup>.

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, foi necessária a transformação dos dados de deposição nas folhas inferiores por meio da raiz quadrada de x. Para o restante, usaram-se os dados originais. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e com o tratamento adicional pelo teste de Dunnett, a 0,05 de significância. Para o estudo do efeito do volume de calda foi empregada análise de regressão.

Para verificar o efeito dos três pulverizadores na uniformidade de distribuição do traçador ao longo da planta (terços superior, médio e inferior), foram comparadas pelo teste de F, a 5% de probabilidade, as variâncias dos depósitos retidos.

### 3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, tem-se a deposição de calda nas folhas superiores do cafeeiro. Observa-se que não houve interação significativa entre volume de calda e pulverizador. Também não houve diferença quanto à deposição nas folhas superiores promovida pelos pulverizadores A e B e o eletrostático. Nesse sentido, percebe-se que o sistema eletrostático permite redução do volume de calda com manutenção da deposição.

Tabela 2. Deposição de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) nas folhas superiores do cafeeiro, promovida por diferentes tipos de pulverizadores e volumes de calda.

	Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )				Média
	200	300	400	500	
Pulverizador C - Eletrostático ( $130 \text{ L ha}^{-1}$ ): $0,477 \mu\text{g cm}^{-2}$					
Pulverizador A	0,423	0,422	0,458	0,555	0,465
Pulverizador B	0,503	0,513	0,542	0,549	0,527
Média	0,463	0,468	0,500	0,552	
CV = 25,94% $F_{\text{pul}} = 1,895^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{vc}} = 0,828^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int}} = 0,255^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int} \times \text{test}} = 0,073^{\text{ns}}$					

CV: coeficiente de variação;  $F_{\text{pul}}$ ,  $F_{\text{vc}}$ ,  $F_{\text{int}}$ ,  $F_{\text{int} \times \text{test}}$ : valores de F calculado para os fatores pulverizador, volume de calda, interação entre fatores e interação entre fatores e tratamento adicional, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo.

As folhas superiores representam os alvos mais distantes do ponto de lançamento das gotas após a sua geração pelas pontas de pulverização e, portanto, constituem locais difíceis de serem atingidos pela pulverização. Assim, percebe-se que nenhum dos três equipamentos sobressaiu-se neste quesito. Nem mesmo a pulverização eletrostática, que promove uma atração entre gota e alvo, conseguiu incrementar a deposição no ponteiro das plantas, visto que a maior distância dificulta a atração das gotas pelas folhas.

Ferreira et al. (2013), ao avaliarem a cobertura de gotas de pulverização sobre plantas de café utilizando um pulverizador com e sem adaptação de um ramal auxiliar para plantas altas, evidenciaram a dificuldade de se atingir o terço superior das plantas, corroborando com o presente estudo.

Na Tabela 3 tem-se a deposição de calda nas folhas medianas do cafeeiro. O pulverizador B, dotado de dutos de ar direcionado, teve desempenho superior ao A, do tipo convencional com bicos ao longo do arco. A utilização de dutos nos pulverizadores hidropneumáticos está crescendo em popularidade entre os fabricantes, especialmente



em relação à busca de maiores deposições no alvo, contribuindo para a melhoria da qualidade da pulverização e redução de perdas (DEVEAU, 2009). A orientação da corrente de ar com a possibilidade de modificação do ângulo de entrada no interior da vegetação permite maior uniformidade e controle da distribuição das gotas sobre o alvo.

Tabela 3. Deposição de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) nas folhas medianas do cafeeiro, promovida por diferentes tipos de pulverizadores e volumes de calda.

	Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )				Média
	200	300	400	500	
Pulverizador C - Eletrostático ( $130 \text{ L ha}^{-1}$ ): $0,597 \mu\text{g cm}^{-2}$					
Pulverizador A	0,288 <sup>+</sup>	0,288 <sup>+</sup>	0,339 <sup>+</sup>	0,387 <sup>+</sup>	0,325 b
Pulverizador B	0,369 <sup>+</sup>	0,438	0,434	0,434	0,419 a
Média	0,329	0,363	0,386	0,410	
CV = 25,19%      DMS <sub>pul</sub> = 0,073      F <sub>pul</sub> = 6,943*; F <sub>vc</sub> = 0,964 <sup>ns</sup> ; F <sub>int</sub> = 0,365 <sup>ns</sup> ; F <sub>int x adic</sub> = 17,970* DMS <sub>test</sub> = 0,202					

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento adicional pelo teste de Dunnett, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação; DMS<sub>test</sub>: diferença mínima significativa para tratamento adicional; DMS<sub>pul</sub>: diferença mínima significativa para pulverizador; F<sub>pul</sub>, F<sub>vc</sub>, F<sub>int</sub>, F<sub>int x adic</sub>: valores de F calculado para os fatores pulverizador, volume de calda, interação entre fatores e interação entre fatores e tratamento adicional, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo; \*: significativo a 0,05.

A pulverização eletrostática resultou em deposição superior ao equipamento A, em todos os volumes de calda testados, e ao modelo B, no volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . O pulverizador B, nos maiores volumes ( $300$  a  $500 \text{ L ha}^{-1}$ ), promoveu deposição igual ao eletrostático, o que demonstra a possibilidade de redução do volume de calda, quando se emprega este tipo de equipamento.

Na Tabela 4 tem-se a deposição nas folhas inferiores do cafeeiro. Novamente, o pulverizador dotado de dutos de ar direcionado teve desempenho superior ao modelo A. A pulverização eletrostática resultou em deposição superior aos pulverizadores convencionais, independente do volume de calda empregado. No caso das folhas inferiores, elas se encontram mais próximas do ponto de lançamento e energização das gotas, o que permite maior atração, reduzindo perdas e aumentando a deposição.

Assim como no presente estudo, outros autores verificaram que no terço inferior das culturas arbóreas é mais fácil conseguir boa deposição devido à maior exposição desta parte das plantas aos bicos dos equipamentos. As pontas trabalham mais próximas dessa região da planta em relação à parte superior, justificando os resultados

observados. (SCUDELER et al., 2004; RAMOS et al., 2007; FERNANDES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010; MIRANDA et al., 2012).

Tabela 4. Deposição de traçador ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) nas folhas inferiores do cafeeiro, promovida por diferentes tipos de pulverizadores e volumes de calda.

	Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )				Média
	200	300	400	500	
Pulverizador C - Eletrostático ( $130 \text{ L ha}^{-1}$ ): $0,984 \mu\text{g cm}^{-2}$					
Pulverizador A	0,303 <sup>+</sup>	0,356 <sup>+</sup>	0,380 <sup>+</sup>	0,481 <sup>+</sup>	0,380 b
Pulverizador B	0,513 <sup>+</sup>	0,533 <sup>+</sup>	0,509 <sup>+</sup>	0,510 <sup>+</sup>	0,516 a
Média	0,408	0,444	0,444	0,496	
$\text{CV}_T = 16,48\%$ $\text{DMS}_{T\text{pul}} = 0,083$ $F_{\text{pul}} = 6,945^*$ ; $F_{\text{vc}} = 0,530^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int}} = 0,537^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int} \times \text{adic}} = 25,235^*$ $\text{CV}_{\text{NT}} = 37,92\%$					

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Médias seguidas por + diferem do tratamento adicional pelo teste de Dunnett, a 0,05 de significância.  $\text{CV}_T$ : coeficiente de variação dos dados transformados;  $\text{CV}_{\text{NT}}$ : coeficiente de variação dos dados não transformados;  $\text{DMS}_{T\text{pul}}$ : diferença mínima significativa para pulverizador (dados transformados);  $F_{\text{pul}}$ ,  $F_{\text{vc}}$ ,  $F_{\text{int}}$ ,  $F_{\text{int} \times \text{adic}}$ : valores de F calculado para os fatores pulverizador, volume de calda, interação entre fatores e interação entre fatores e tratamento adicional, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo; \*: significativo a 0,05. Análise de variância elaborada com dados transformados por raiz quadrada de x.

Também não houve significância do volume de calda na deposição e, por isso, não foi ajustado um modelo para correlacionar deposição e volume. Isso demonstra que os volumes reduzidos podem ser utilizados sem comprometer o tratamento e com ganho na capacidade operacional do conjunto trator-pulverizador. É prática comum, em cafeeiros, a realização de tratamentos fitossanitários com volumes superiores a  $500 \text{ L ha}^{-1}$ ; contudo, nota-se que existe viabilidade em reduzir esses volumes, com grande ganho em rendimento.

Existem poucos estudos de deposição na cultura do café, contudo resultados semelhantes podem ser encontrados em citros. Salyani e Farooq (2003), estudando a cobertura de folhas pela pulverização, não encontraram diferença empregando-se volumes de calda de 250 a  $3950 \text{ L ha}^{-1}$ . Em outro trabalho, Farooq e Salyani (2002) encontraram maior deposição da calda em laranjeiras com um volume de  $980 \text{ L ha}^{-1}$  em comparação ao volume de  $250 \text{ L ha}^{-1}$ , contudo acima daquele valor pouco incremento ocorreu até o volume de  $1945 \text{ L ha}^{-1}$ .

Com relação à perda de calda para o solo (Tabela 5), nota-se que os pulverizadores A e B não se diferenciaram, bem como não houve diferença entre os

volumes de calda testados. Todos os tratamentos realizados sem energia eletrostática promoveram perdas maiores que no eletrostático. Em geral, espera-se que o incremento do volume de aplicação propicie aumento do volume de calda retido até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escorrimento, o que não é desejável.

Na Tabela 6 tem-se a comparação das variâncias da massa de traçador retida na folhagem, considerando toda a planta. Nota-se que não houve diferença entre os pulverizadores A e B, o que denota que a variabilidade de deposição ao longo da planta não foi influenciada pelo uso destes dois equipamentos. Contudo, comparando-se o equipamento eletrostático com os outros dois, o uso da carga elétrica promoveu menor uniformidade de distribuição ao longo das plantas, causada pela maior concentração de traçador na parte inferior. Esse dado mostra que a energização das gotas pode promover incremento de deposição na parte inferior. Caso se deseje aumentar a distribuição na parte inferior, sem, contudo, causar grande variabilidade ao longo da planta, deve-se buscar alternativas, como aproximar os bicos de pulverização da parte superior da planta.

Tabela 5. Deposição de traçador ( $\text{ng cm}^{-2}$ ) em placas de Petri sobre o solo, promovida por diferentes tipos de pulverizadores e volumes de calda.

	Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )				Média
	200	300	400	500	
Pulverizador C - Eletrostático ( $130 \text{ L ha}^{-1}$ ): $4,044 \text{ ng cm}^{-2}$					
Pulverizador A	10,413 <sup>+</sup>	10,500 <sup>+</sup>	11,316 <sup>+</sup>	11,736 <sup>+</sup>	10,991
Pulverizador B	11,633 <sup>+</sup>	12,185 <sup>+</sup>	12,168 <sup>+</sup>	12,830 <sup>+</sup>	12,204
Média	11,023	11,343	11,742	12,283	
CV = 24,88%		$F_{\text{pul}} = 1,643^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{vc}} = 0,330^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int}} = 0,034^{\text{ns}}$ ; $F_{\text{int} \times \text{test}} = 28,408^*$			
DMS <sub>test</sub> = 5,412					

Médias seguidas por + diferem do tratamento adicional pelo teste de Dunnett, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação; DMS<sub>test</sub>: diferença mínima significativa para tratamento adicional;  $F_{\text{pul}}$ ,  $F_{\text{vc}}$ ,  $F_{\text{int}}$ ,  $F_{\text{int} \times \text{test}}$ : valores de F calculado para os fatores pulverizador, volume de calda, interação entre fatores e interação entre fatores e tratamento adicional, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo; \*: significativo a 0,05.

Tabela 6. Variâncias da massa de traçador retida ao longo da folhagem do cafeeiro, após a aplicação com diferentes tipos de pulverizadores.

Pulverizador	Variância - $\sigma^2$	Teste F
Pulverizador A	0,014386	1,120644 <sup>ns</sup>
Pulverizador B	0,012837	
Pulverizador A	0,014386	9,027619*
Pulverizador C – Eletrostático	0,129873	
Pulverizador B	0,012837	10,11675*
Pulverizador C - Eletrostático	0,129873	

*ns* Não há diferença significativa entre as variâncias pelo teste F, a 5% de probabilidade. \* Variâncias diferentes entre si pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

### 3.6. CONCLUSÕES

A pulverização eletrostática proporcionou maior deposição no terço inferior do cafeeiro comparado às aplicações convencionais, Twister 1500 e Arbus 2000, na cafeicultura.

Em relação ao pulverizador A, Arbus 2000 da Jacto, a aplicação eletrostática proporcionou média de 159% de acréscimo na deposição.

Em relação ao pulverizador B, Twister 1500 da Montana, a aplicação eletrostática proporcionou média de 91% de acréscimo na deposição.

Na região mediana, a deposição com pulverização eletrostática foi maior que Arbus 2000, em todas as vazões estudadas, e Twister 1500, na vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Em relação ao pulverizador A, Arbus 2000 da Jacto, a aplicação eletrostática proporcionou média de 84% de acréscimo na deposição.

No volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, a pulverização eletrostática apresentou acréscimo de 81%<sub>;</sub> comparado ao pulverizador B, Twister 1500, e de 107%<sub>;</sub> comparado ao pulverizador A, Arbus 2000, na deposição.

Na região inferior e na porção mediana das plantas<sub>;</sub> o pulverizador B, Twister 1500, apresentou melhor desempenho na deposição que o equipamento A, Arbus 2000.

Na parte superior das plantas<sub>;</sub> a pulverização eletrostática não promoveu aumento de deposição.

As perdas para o solo foram reduzidas com o emprego do pulverizador eletrostático.

Em relação ao pulverizador A, a aplicação eletrostática reduz as perdas para o solo em até 172%.

Em relação ao pulverizador B, a aplicação eletrostática reduz as perdas para o solo em até 202%.

Independente do volume de calda empregado nos pulverizadores A e B a deposição e as perdas para o solo não apresentam variações.

## REFERÊNCIAS

- BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistemas de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.
- BAYER, T. et al. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p.133-138, 2005.
- DERKSEN, R.C. et al. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.50, n.6, p.1945-1953, 2007.
- DEVEAU, J. **Six elements of effective spraying in orchards and vineyards**. Ontário: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2009. (Factsheet Order, 09-39).
- FAROOQ, M. SALYANI, M. **Spray penetration into the citrus tree canopy from two air-carrier sprayers**. St. Joseph, Asabe, 2002. 12p. (paper 02-1038)
- FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.
- FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.
- FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café, pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1539- 1548, Nov. 2013.
- HISLOP, F.C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota, v. 2, p. 94-104, 1988.
- LARYEA, G.N.; NO, S.Y. Effect of fan speed and electrostatic charge on deposition of orchard canopy sprays. **Atomization and Sprays**, Redding, v.15, p.133-144, 2005.
- MAGNO JÚNIOR, R.G. et al. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da aplicação eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 798-804, 2011.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of charging voltage, application speed, target height, and orientation upon charged spray deposition on leaf abaxial and adaxial surfaces. **Crop Protection**, London, v. 29, n. 2, p. 134–141, 2010.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. especial, p. 56- 65, 2007.

ROSELL POLO, J. R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNO, J.; ESCOLA, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRACIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJA, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACÍN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystem Engineering**, London, v. 102, p. 128-134, 2009.

SALYANI, M.; FAROOQ, M. Sprayer air energy demand for satisfactory spray coverage in citrus applications. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 116, p. 298-304, 2003.

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.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p.129-139, 2004.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 66-73, 2008.

XIONGKUI, H. et al. Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v. 4, p. 35-40, 2011.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28., n. 2, p. 439-446, 2010.

ZHAO, S.; CASTLE, G.S.P.; ADAMIAK, K. Factors affecting deposition in electrostatic pesticide spraying. **Journal of Electrostatics**, London, v. 66, n. 11, p. 594–601, 2008.

ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. **Advances in pesticide electrostatic spraying in China**. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2002. (Paper n° 021034).



## 4. CAPÍTULO 4

### Deposição de calda promovida por diferentes tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura de montanha.

#### 4.1. RESUMO

A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas com grandes desafios tecnológicos no manejo fitossanitário. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de 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 diferentes equipamentos nas aplicações de produtos fitossanitários 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 a penetração da calda nas partes inferior, média e superior das plantas e o escorrimento 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<sup>-1</sup>, e o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano melhoraram 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.

## 4. CAPÍTULO 4

### Deposition of pesticide mixture applied to coffee leaves by different technologies on hillside coffee crops

#### 4.2. ABSTRACT

Coffee growing is an important agricultural activity in Brazil, facing great technological challenges, especially for pesticide application. This study evaluated the deposition of pesticide mixture by different technologies in *Coffea arabica* L. planted on hillside. The assay was done as randomized blocks, with 11 treatments and four replications. Different equipment were used for pesticide spraying on hillside coffee crop (motorized backpack sprayer, motorized tricycle adapted for spraying, SHP 800 Echo sprayer, and a manual backpack sprayer) associated or not to electrostatic technology and silicone adjuvant, at different spraying rates. A study to characterize the sprayed droplet range was initially done with hydrosensitive paper. Mixture penetration and deposition on the upper, middle and lower thirds of the plant and runoff to soil were evaluated with a tracer for quantification by spectrophotometry. Association of electrostatic technology with spraying rate of 200 L ha<sup>-1</sup> and the use of the adjuvant copolymer polyester-polymethyl siloxane improved mixture deposition in adult coffee plants, as well as the technical viability of reduced water volumes for preparation of the pesticide mixture.

**Keywords:** *Coffea arabica*, electrostatic spray, adjuvant, hillside coffee plantation, agricultural pesticides.

### 4.3. 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 produziram 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).

Nesse 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 a produção e 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 tratamentos 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 à 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. Nesse 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 regulação 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 é um sistema que carrega eletricamente as gotas, sendo uma 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 eletrostático 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 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.

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

#### 4.4. 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.

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, compostos de três linhas de café, com 11 tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas em 52,5 m<sup>2</sup>, sendo três linhas de café com sete metros de comprimento. Como parcela útil utilizou-se 10 m<sup>2</sup>, 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.

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos avaliados.

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

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.

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 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 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, 3- 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 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 s 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). Esse equipamento dispunha de uma bomba Yamaho, modelo HS 30 e vazão de  $27 \text{ L min}^{-1}$ , 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  $80^\circ$ , da marca Magno (Figura 3). Nessa operação utilizou-se 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.

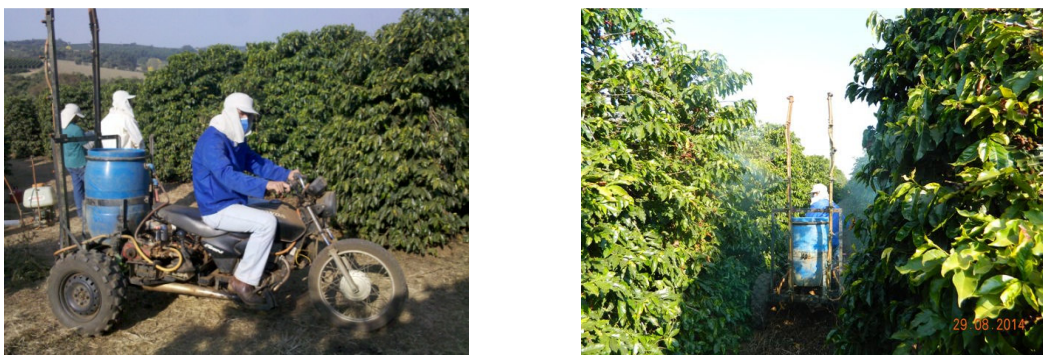


Figura 3. Triciclo adaptado para pulverização na cafeicultura de montanha.

No tratamento 10, utilizou-se um pulverizador costal, modelo SHP 800, da marca Echo, com capacidade de 25 litros de calda, movido à gasolina, adaptado 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  $110^\circ$ , marca Magno (Figura 4).



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

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

Na aplicação dos tratamentos, foi utilizado um único operador para a aplicação dos tratamentos com utilização de equipamentos costais. Antecedendo as 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 silicões. 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, grampeando-os às folhas, buscando mantê-los 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  $\mu\text{m}$  ( $\%<100$ ). A amplitude relativa (AR) foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

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

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

Para avaliar a deposição nas plantas, foi adicionado à calda o traçador Azul Brillhante (catalogado internacionalmente pela Food, Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1), na dose de  $300 \text{ g ha}^{-1}$ , 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 escurrimto 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 0,20, 1,30 e 2,0 m 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  $153,94 \text{ cm}^2$ , 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 ( $\text{mg L}^{-1}$ ) 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  $3,6 \text{ km h}^{-1}$ . 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 à 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.

#### 4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de DMV, AR e %<100 encontram-se na Tabela 2. Observa-se que os volumes de 400 L ha<sup>-1</sup> 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 influência 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<sup>-1</sup>, e os tratamentos 2, 3, 5 e 6, com taxas de 200 L ha<sup>-1</sup>, apresentaram gotas menores que variaram de 77,8 até 95,2 µm. Os tratamentos com volumes de 400 L ha<sup>-1</sup>, além de demonstrarem 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 a taxas de 150 e 300 L ha<sup>-1</sup>.

Com relação às pontas 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, números maiores de quase 200 µm. Este fato se justifica pelo uso de pontas hidráulicas de jato plano, 11003, 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 a uma grande corrente de ar. No tratamento 9 se utilizaram pontas de jato cônico vazio, MAG 02, com espectro de gotas finas.

Os resultados encontrados 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.

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 – Pulverizador SHP 800 Echo (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 <sup>**</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	7,83 <sup>**</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 1%. <sup>ns</sup> 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 escorrimento 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.

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 do cafeeiro. O sistema eletrostático também não foi capaz de incrementar a deposição.

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 demonstrou a mesma deposição comparada aos demais. A semelhança desse 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. Esse resultado permite inferir sobre as oportunidades de ganhos operacionais com a economia de água.

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 ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )			
	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 – Pulverizador SHP 800 Echo (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.

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<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, demonstrando uma 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 taxas menores para aplicação de fitossanitários em cafeeiros adultos de montanha, podendo agregar em eficácia biológica no controle e aumentar a capacidade de trabalho do aplicador.

O desempenho do tratamento 6 mostra 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 alterar as propriedades do líquido, pode aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático. Esse 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 organossiliconados Silwet L-77 e Break Thru, dentre 15 produtos, foram os que atingiram os menores valores de tensão superficial, chegando a  $20 \text{ mN m}^{-1}$  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 lanca, 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.



#### 4.6. CONCLUSÕES

A utilização de pulverizadores costais motorizados com menores taxas de aplicação (100 e 200 L ha<sup>-1</sup>) gerou gotas de menor tamanho.

A tecnologia eletrostática, com taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>, e o uso do adjuvante melhoraram a deposição de calda em cafeeiros de montanha adultos, mostrando também a viabilidade técnica da utilização de menor volume de água (200 L ha<sup>-1</sup>) 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 Eletrostatics**, 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. Eficiência 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, n. 5, 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.