

GEFFERSON PEREIRA DA PAIXÃO

**CARACTERIZAÇÃO DE PULVERIZADORES PARA APLICAÇÃO DE  
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P149c Paixão, Gefferson Pereira da, 1988-  
2016 Caracterização de pulverizadores para aplicação de  
defensivos agrícolas na cultura do café / Gefferson Pereira da  
Paixão. – Viçosa, MG, 2016.  
ix, 44f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Lino Roberto Ferreira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Equipamentos agrícolas. 2. Pulverizadores - Avaliação.  
3. Café - Cultivo. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 631.371

GEFFERSON PEREIRA DA PAIXÃO

**CARACTERIZAÇÃO DE PULVERIZADORES PARA APLICAÇÃO DE  
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de março de 2016.

---

Mateus Chediak

---

Miler Soares Machado

---

Francisco Cláudio Lopes de Freitas  
(Coorientador)

---

Lino Roberto Ferreira  
(Orientador)

*Aos meus irmãos Herbert e Helenuccia, e minha namorada Poliana pela amizade verdadeira, lealdade e companheirismo.*

## **Ofereço**

*Aos meus pais Gerson Oliveira da Paixão e Vicentina do Carmo da Paixão, pelo exemplo de vida, dedicação, apoio, superação e amor incondicional*

## **Dedico**

*“Não chore pelo que você perdeu, lute pelo que você tem.  
Não chore pelo que está morto, lute por aquilo que nasceu em  
você. Não chore por quem o abandonou, lute por quem está a seu  
lado. Não chore por quem o odeia, lute por quem o quer feliz.  
Não chore pelo seu passado, lute pelo seu presente. Não chore  
pelo seu sofrimento, lute pela sua felicidade. Não é fácil ser  
feliz, temos que abrir mão de várias coisas, fazer escolhas e ter  
coragem de assumir ônus e bônus para ser feliz. Com o tempo  
vamos aprendendo que nada é impossível de solucionar, apenas  
siga adiante com quem quer e luta para estar com você. Se  
engana quem acha que a riqueza e o status atraem a inveja...as  
pessoas invejam mesmo é o sorriso fácil, a luz própria, a  
felicidade simples e sincera e a paz interior...”*

*Papa Francisco*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade em cursar o mestrado e realizar este trabalho.

Ao meu amigo e orientador professor Lino Roberto Ferreira, pela confiança, apoio e paciência.

Aos coorientadores professores Francisco Cláudio Lopes de Freitas e Mauri Martins Teixeira, pelo apoio e sugestões no desenvolvimento e conclusão do estudo

Ao meu amigo Miler Soares Machado, pelo apoio e ajuda no desenvolvimento e condução dos experimentos.

Ao diretor presidente da Herbicat Luis César Pio, pelo apoio, confiança e sugestões na condução dos experimentos.

Ao amigo Valdinei Araújo Gonçalves e familiares, pelo apoio na condução e por ter disponibilizado a área para condução do experimento.

Ao amigo Matheus Freitas, pelo companheirismo, sugestões e auxílio na condução dos experimentos.

Ao amigo Luiz Henrique Lopes de Freitas, técnico do laboratório de herbicida da UFV, pelo companheirismo, amizade e valoroso apoio na condução do experimento.

Ao professor Antônio Alberto da Silva, pelo apoio.

Aos amigos do Laboratório de Mecanização agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola, em especial ao Humberto, Gustavo e Cristian.

Aos amigos e companheiros de trabalho: Rafael, Gustavo (gabiru), Valdinei, Mateus França pela valorosa ajuda e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

A todos os amigos dos Laboratórios de Herbicida na Planta e no Solo, pelo agradável convívio durante o curso.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
<b>CAPÍTULO I</b> .....	5
<b>CARACTERIZAÇÃO DO PULVERIZADOR COSTAL PNEUMÁTICO PARA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ</b> .....	5
RESUMO .....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAL E MÉTODOS .....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	23
<b>CARACTERIZAÇÃO DO PULVERIZADOR COM BARRA VERTICAL PARA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ</b> .....	23
RESUMO .....	23
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS .....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	44

## RESUMO

PAIXÃO, Gefferson Pereira da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Caracterização de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Coorientadores: Mauri Martins Teixeira e Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

A menor eficiência proporcionada pelos pulverizadores tradicionais utilizados nas aplicações de produtos fitossanitários em cafeicultura de montanha, caso do costal manual e motorizado ou mesmo os estacionários com lanças acopladas, tem refletido no aumento da repetibilidade das aplicações, podendo apresentar maiores riscos de intoxicação do aplicador e contaminações ambientais. Diante do exposto, novas tecnologias e/ou adaptações de técnicas de aplicação já utilizadas em outras culturas, necessitam ser estudadas a fim de proporcionar aplicações com maior eficiência, ou seja, visando a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação. Objetivou-se, com esse trabalho, caracterizar dois pulverizadores, um costal pneumático motorizado (Atomizador) e um estacionário com barra porta bicos vertical ("Foguetinho"), para aplicação de produtos fitossanitários em café. A caracterização do espectro de gotas produzido pelos equipamentos foi realizada com auxílio do analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.), sendo adotado como parâmetros, o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e a porcentagem do volume pulverizado com gotas de diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  ( $\%V < 100 \mu\text{m}$ ). Na ocasião os equipamentos foram regulados para a produção de gotas na classe fina (DMV 100 -175  $\mu\text{m}$ ). Na etapa de campo, os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas com oito repetições, sendo a parcela representada por três alturas na planta (terços superior, médio e inferior), a subparcela por dois quadrantes (frontal e lateral) e a sub-subparcela por três profundidades (externa, mediana e interna). Dentre os parâmetros avaliados na caracterização dos pulverizadores, a densidade de gotas depositadas (gotas  $\text{cm}^{-2}$ ), as porcentagens de área coberta foram mensuradas por meio da análise das etiquetas de papeis



hidrossensíveis distribuídas em todos os níveis dos fatores estudados, as quais, após a pulverização com água mais corante traçador, foram retiradas, digitalizadas e analisadas pelo software “GOTAS”. Para quantificar o parâmetro deposição ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), ou seja, a quantidade do produto retido no alvo, coletou-se três folhas em cada tratamento e após serem lavadas, determinou-se as absorvâncias das soluções por espectrofotometria de absorção molecular. Na análise da densidade de gotas ( $\text{gotas cm}^{-2}$ ), o atomizador foi eficiente, independente da parte avaliada, sendo recomendado para aplicações que demandam maior distribuição da calda, característica dos produtos com ação de contato. Já o foguetinho apresentou, nas condições avaliadas, características favoráveis para aplicações de produtos fitossanitários de ação sistêmica. Os dois equipamentos proporcionaram maiores valores de depósito e cobertura nas partes externas do quadrante frontal das plantas, e os maiores valores observados para o foguetinho, são atribuídos ao volume de calda,  $540 \text{ L ha}^{-1}$ , em relação à  $261 \text{ L ha}^{-1}$  utilizados com o atomizador.

## ABSTRACT

PAIXÃO, Gefferson Pereira da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2016. **Sprayers characterization for pesticide application in the coffee culture.** Adviser: Lino Roberto Ferreira. Co-Advisers: Mauri Martins Teixeira and Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

The lower efficiency provided by traditional sprayers used in pesticides applications in mountain coffee, manual and motorized knapsack or even stationary with coupled spears, has reflected in increasing of the applications, resulting in higher risks of environmental contamination and intoxication of the applicator. Therefore, new technologies and/or adaptations of application techniques used in other cultures need to be studied in order to provide applications with greater efficiency, seeking the correct placement of biologically active product at the target, in sufficient quantity, economically and with minimal contamination. This study aimed to characterize the sprayers, pneumatic knapsack (atomizer) and stationary with vertical bar ("Foguetinho"), for the pesticides application in coffee. The droplet spectrum was performed using the particle analyzer in real time (SPRAYTECH, Malvern Instruments Co.) and the measured variables were volumetric median diameter (VMD) and the percentage of the volume sprayed with drops diameter less than 100 micrometers (% V <100 µm). At the time, the sprayers were adjusted to produce fine drops (DMV 100 -175 µm). The experiment was conducted in sub-subdivided parcel being in the parcel three heights on the coffee plants (upper, middle and lower thirds), in the subparcel two quadrants (front and side) and in the sub-subparcel three depths (external, median and internal) in randomized block experimental design with eight replications for the deposition, droplet density and coverage tests. The values of droplet density (drops cm<sup>-2</sup>) and coverage (%) were measured by analyzing the water sensitive paper labels distributed at all levels of the studied factors and after spraying from water with dye tracer, they were removed, scanned and analyzed by "GOTAS" software. To quantify the deposition (µL cm<sup>-2</sup>), were collected three leaves in each treatment and after being washed, the absorbance of solutions was determined by molecular absorption spectrophotometry. In analyzing the drop density, the atomizer was efficient, independent of the evaluated part

of the plant, therefore, is recommended for applications requiring a greater distribution of the liquid spray, typical contact action with products. In the evaluated conditions, the “foguetinho” was favorable to application using systemic products. Both sprayers provided higher deposit and coverage on the external depths of the front quadrant. However, the highest values observed for the foguetinho are assigned to the spray volume  $540 \text{ L h}^{-1}$  with respect to the  $261 \text{ L ha}^{-1}$  used with the atomizer.

## INTRODUÇÃO GERAL

A expansão da economia de mercado resultante do processo de globalização aumentou em grande quantidade os investimentos em toda a cadeia produtiva da cafeicultura brasileira. A maior eficiência do setor produtivo, buscando maiores produtividades em espaços cada vez menores, é um fator relevante e tem contribuído para manter a expressiva influência desse setor nos mercados nacionais e internacionais (GOMES & ROSADO, 2005).

Atualmente, o Brasil mantém a posição de maior produtor e exportador, e de segundo maior consumidor de café do mundo. Majoritariamente, o cultivo está presente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás e correspondem a 98% da produção nacional, sendo o Espírito Santo destaque em café conilon (*Coffea canephora*), e Minas Gerais em café arábica (*Coffea arabica*) (MAPA, 2016).

Um dos problemas da variabilidade na produtividade brasileira de café deve-se, em partes, a interferência de pragas, doenças e plantas daninhas. Essas interferências reduzem o potencial produtivo da cultura podendo alcançar níveis de danos econômicos capazes até de inviabilizar o cultivo, sendo, portanto, imprescindível a realização de controle eficiente para obter maior produtividade. Dentre os métodos de controle, o mais utilizado é o químico, pois permite maior eficiência e economia, porém, quando empregado de maneira inadequada, levam-se a potenciais riscos de contaminação do ambiente e dos trabalhadores envolvidos na aplicação (VIANA et al., 2010).

Para correta utilização deste método de controle, é fundamental definir o alvo biológico que se deseja atingir que pode estar localizado na parte aérea, raízes, feixes vasculares, solo rizosférico, linha ou entre linha de plantio e está diretamente ligado ao modo de ação dos produtos utilizados. A aplicação de um fungicida para controle da ferrugem do cafeeiro, por exemplo, poderá ter como alvo a face inferior das folhas, caso

ele tenha apenas ação de contato, ou poderá ser a face superior, caso o produto possua ação sistêmica ou translaminar.

Além de conhecimentos acerca das características do produto utilizado e do alvo a ser atingido, deve-se ter em mente que outros fatores como o equipamento utilizado e as condições ambientais não estarão agindo de forma isolada, sendo a interação deles responsável pela eficiência ou ineficiência do controle (RAMOS & PIO, 2008). Qualquer desses fatores que for desconsiderado ou equacionado de forma indevida, poderá resultar no insucesso da operação

Na cafeicultura a arquitetura trapezoidal, o tamanho e a densidade da copa das plantas adultas tornam-se grandes entraves nas aplicações dos produtos, pois dificultam a distribuição homogênea da calda tanto pela extensão vertical, como entre as partes externas e internas do dossel. Essa dificuldade deve ser considerada, principalmente, na escolha do equipamento para a definição da tecnologia de aplicação mais adequada, visando a colocação correta do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação dos trabalhadores e do ambiente (MATUO et al., 2001).

Entretanto, nos cultivos realizados em áreas declivosas, onde a mecanização dos equipamentos é restrita, as poucas ofertas de equipamentos específicos obrigam a utilização dos pulverizadores portáteis para aplicações generalizadas ou ainda adaptados pelos próprios produtores, tendo como alternativa os tradicionais pulverizadores costais, manual e motorizado, e os estacionários com lanças acopladas (NETO et al., 2015). No entanto, estes equipamentos têm apresentado elevado grau de dificuldade na operação devido, principalmente, ao baixo nível de instrução do operador o que acaba resultando em baixa capacidade operacional e reduzida eficiência contra deriva, influenciando negativamente a eficiência no controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Não obstante, para compensar essa deficiência, a decisão na maioria das propriedades tem sido aumentar as doses e/ou o número de repetições dos produtos aplicados, o que tem elevado o grau de exposição

do aplicador, bem como o risco de desequilíbrios e contaminações ambientais.

Além do mercado de máquinas e implementos agrícolas demonstrar grande carência no que diz respeito a pulverizadores que atendam às demandas dessas regiões declivosas, são poucos os estudos avaliando a eficiência na aplicação utilizando os pulverizadores convencionais. Sendo assim, novas tecnologias e/ou adaptações de técnicas de aplicação já utilizadas em outras culturas, necessitam ser estudadas a fim de melhorar a distribuição do ingrediente ativo nos alvos e, conseqüentemente, conseguir aplicações mais eficientes.

Portanto, o trabalho tem como objetivo caracterizar dois modelos de pulverizadores, o costal pneumático motorizado e um pulverizador alternativo hidráulico estacionário com barra vertical, para aplicação de defensivos agrícolas em café.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOMES, M. F. M.; ROSADO, P. L. Mudança na produtividade dos fatores de produção da cafeicultura nas principais regiões produtoras do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 353- 378, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultura do café**. 2016. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em: 01 fev. 2016.

MATUO, T.; PIO, C. L.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **Curso de especialização por tutoria a distância – proteção de plantas**. Módulo 02, 2001, Brasília. 71 p.

NETO, J. G.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**. Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, 2015.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L. et. al. (Ed). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. UFV, Viçosa, 2008. p. 155-224.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em café. In: ZAMBOLIM, I.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade**. UFV, Viçosa, 2010, p. 165-218.

## CAPÍTULO I

### CARACTERIZAÇÃO DO PULVERIZADOR COSTAL PNEUMÁTICO PARA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ

#### RESUMO

As aplicações de defensivos agrícolas na cafeicultura de montanha têm sido realizadas de forma empírica, sendo observadas muitas adaptações em diversos tipos de equipamentos. Essas adaptações, nem sempre resultam em aplicações seguras e eficientes. Assim, objetivou-se avaliar as características de uma aplicação de defensivos agrícolas em café de montanha utilizando-se o pulverizador costal pneumático. Antes de realizar a pulverização em campo, realizou-se a caracterização do espectro de gotas produzido pelo atomizador, por meio do analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.). O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas com oito repetições, sendo a parcela representada por três alturas na planta (terços superior, médio e inferior), a subparcela por dois quadrantes (frontal e lateral) e a sub-subparcela por três profundidades (externa, mediana e interna). Dentre os parâmetros avaliados, a densidade de gotas depositadas (gotas  $\text{cm}^{-2}$ ) e as porcentagens de área coberta foram mensuradas por meio da análise das etiquetas de papéis hidrossensíveis analisadas pelo software "GOTAS". Para quantificar o parâmetro deposição ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), ou seja, a quantidade do produto retido no alvo, coletou-se três folhas em cada tratamento e após serem lavadas, determinou-se as absorbâncias das soluções por espectrofotometria de absorção molecular. A boa distribuição da calda independente da altura e das posições avaliadas, que variou de 328 a 1276 gotas  $\text{cm}^{-2}$  nas condições avaliadas, caracteriza-se favoravelmente para aplicações de produtos com ação de contato e tornam o atomizador apto às aplicações de defensivos agrícolas em café de montanha.

**Palavras-chave:** Cobertura do alvo, atomizador, distribuição da calda.



## CHAPTER I

### CARACTERIZATION OF PNEUMATIC KNAPSACK SPRAYER FOR PESTICIDES APPLICATION IN THE COFFEE CULTURE

#### ABSTRACT

Applications of pesticides in mountain coffee have been carried out empirically, being observed many adaptations in various types of sprayers. This study aimed to characterize an application of pesticides in mountain coffee using a pneumatic knapsack sprayer (Atomizer). Before performing the spraying in the field, the droplet spectrum produced by the atomizer, was characterized using the real time particle analyzer (SPRAYTECH, Malvern Instruments Co.). The experiment was conducted in sub-subdivided parcel being in the parcel three heights on the coffee plants (upper, middle and lower thirds) in the subparcel two quadrants (front and side) and in the sub-subparcel three depths (external, median and internal) in randomized block experimental design with eight replications for the deposition, droplet density and coverage tests. The values of droplet density (drops  $\text{cm}^{-2}$ ) and coverage (%) were measured by analyzing the water sensitive paper labels distributed at all levels of the studied factors and after spraying from water with dye tracer, they were removed, scanned and analyzed by "GOTAS" software. To quantify the deposition ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), were collected three leaves in each treatment and after being washed, the absorbance of solutions was determined by molecular absorption spectrophotometry. The atomizer provided satisfactory spraying liquid distribution with droplet density values ranging between 328 and 1276 drops  $\text{cm}^{-2}$ . This feature supports the application of products with contact action, which makes the functional atomizer for pesticide applications in the coffee culture.

**Keywords:** Target coverage, atomizer, spraying liquid distribution.

## INTRODUÇÃO

No cultivo do café arábica (*Coffea arabica*) predominam as regiões montanhosas com altitudes elevadas, em torno 800 – 950 metros, por favorecerem a produção e qualidade do produto colhido. No entanto, em condições de relevo acidentado, a mecanização das lavouras é limitada, tornando as operações de manejo muito exigentes em mão de obra, onerando o custo de produção e, em muitos casos, vem sendo responsável pela inviabilização do cultivo (VILELA & RUFINO, 2010).

Dentre os tratos culturais realizados com frequência no cafeeiro, merece destaque a aplicação de produtos fitossanitários para o controle de pragas e doenças, que normalmente é realizada por meio de pulverizações utilizando pulverizadores portáteis que permitem maior agilidade nas aplicações em áreas declivosas, no entanto, o baixo nível de instrução dos operadores e a ausência de controles refinados, tais como pressão de trabalho, velocidade de operação e altura da barra, podem influenciar negativamente a eficiência no controle (VIANA et al., 2010).

Não obstante, o grande crescimento e desenvolvimento em altura das plantas e dos ramos laterais, secundários e terciários em cafeeiros adultos, provoca fechamento da copa, fator esse que, além de contribuir para a diminuição da produtividade, tornam-se barreiras e dificultam que as gotas, contendo o produto fitossanitário, alcancem partes mais internas das plantas (MATIELLO, 2005; SASAKI et al., 2013).

A utilização do pulverizador costal pneumático, é evidenciada em culturas com elevada densidade foliar uma vez que o fluxo de ar produzido pelo motor de combustão interna promove a movimentação das folhas das plantas, facilitando a penetração das gotas para o interior do dossel. Diferente dos pulverizadores hidráulicos, a assistência de ar sobre as gotas formadas permite maior alcance do jato de pulverização possibilitando, assim, aplicações mais homogêneas.

Devido ao maior grau de dificuldade na operação dos equipamentos portáteis, são necessários estudos que avaliem a eficiência nas aplicações de produtos fitossanitários a fim de minimizar as perdas por deriva e

umentar a deposição da calda no interior das plantas de café e assim, maximizar a eficiência no controle de pragas e doenças.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi caracterizar um pulverizador costal pneumático motorizado para aplicação de produtos fitossanitários em café adulto.

## MATERIAL E MÉTODOS

No experimento, utilizou-se o pulverizador costal motorizado da marca Guarany®, com reservatório de 18 Litros (Figura 1), comumente chamado de atomizador, pois utiliza o princípio pneumático para formação e transporte das gotas.



Figura 1: Modelo do pulverizador costal motorizado utilizado nas avaliações. Fonte: GUARANY, 2016.

A fim de caracterizar o pulverizador em relação ao espectro de gotas produzido, mensurou-se, em laboratório, o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e a porcentagem de gotas abaixo de 100  $\mu\text{m}$  ( $\%V < 100 \mu\text{m}$ ), por meio de analisador de partículas a laser (Spraytech, Malvern Instruments Co.), conforme descrito por Tiburcio (2014). O DMV é o diâmetro de gota, tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (VIANA et al., 2010), o qual foi considerado como referência para a classificação do espectro das gotas

em trânsito, ou seja, das gotas produzidas até atingirem o alvo. Segundo Cunha (2003), a %V<100 µm é um parâmetro que indica o potencial de deriva da aplicação sendo que, quanto menor esse valor, menor o risco de haver deriva por arrastamento e evaporação. Na prática, para assegurar aplicações mais seguras, os valores não devem ultrapassar 15% e, portanto, foi adotado como critério na caracterização do espectro produzido.

O atomizador foi colocado sobre uma bancada e o bocal posicionado no sentido perpendicular ao feixe luminoso, a 0,30 metros de distância. Após colocar o sistema em funcionamento e até que o fluxo se estabilizasse, realizou-se o movimento vertical de baixo para cima de tal forma que o jorro atingisse transversalmente o feixe luminoso. O procedimento foi realizado em 8 repetições e, em todas as pulverizações, foi utilizado o disco dosador de vazão na cor vermelha (0,8 L min<sup>-1</sup>) com o comando unificado na aceleração máxima conforme recomendado pelo fabricante (GUARANY, 2016).

Após determinação do espectro de gotas, em laboratório, procedeu-se a etapa de campo em lavoura de café (*Coffea arabica*) em produção com espaçamento de plantio de 3,0 x 0,7 metros, altura e diâmetro de copa de 2,20 e 2,0 metros, respectivamente, localizado no município de Viçosa-MG, latitude 20°40'36,83" Sul, longitude 42°50'37" Oeste e altitude de 744 metros.

Para a calibração do equipamento em campo, realizou-se pulverização percorrendo-se uma distância de 50 metros e, posteriormente, o volume de calda (L ha<sup>-1</sup>), foi determinado conforme a Equação 1.

$$q = \frac{Q \times V \times f}{600} \quad (1)$$

em que

q = vazão da barra (L min<sup>-1</sup>);

Q = volume da calda (L ha<sup>-1</sup>);

V = velocidade de trabalho (Km h<sup>-1</sup>) e

f = faixa aplicada (m).

O tempo e o volume gastos no trajeto, foram de 140 segundos e 2 L respectivamente, proporcionando, vazão (q) de 0,85 L min<sup>-1</sup> e velocidade de trabalho (V) de 1,3 km h<sup>-1</sup>. Considerando a faixa de aplicação (f) 1,5 metros, foi determinado volume de calda de 261 L ha<sup>-1</sup>.

Após a calibração, foi realizada aplicação utilizando água mais corante alimentício azul brilhante na concentração de 3.000 mg L<sup>-1</sup> (PALLADINI et al., 2005). O corante em solução aquosa serviu como marcador para posterior quantificação do volume da calda que ficou retido no alvo. No momento da aplicação, a temperatura variou de 23 a 26°C, a umidade relativa de 65 a 76% e a velocidade do vento de 3,2 a 5,8 km h<sup>-1</sup>, medidos por meio do Termo-Higrômetro HERBICAT EMD TGH 122, e do anemômetro de pá INSTRUTHERM AD-250.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas com oito repetições, sendo a parcela representada por três alturas na planta (terços superior, médio e inferior), a subparcela por dois quadrantes (frontal e lateral) e a sub-subparcela por três profundidades (externa, mediana e interna) (Figura 2).

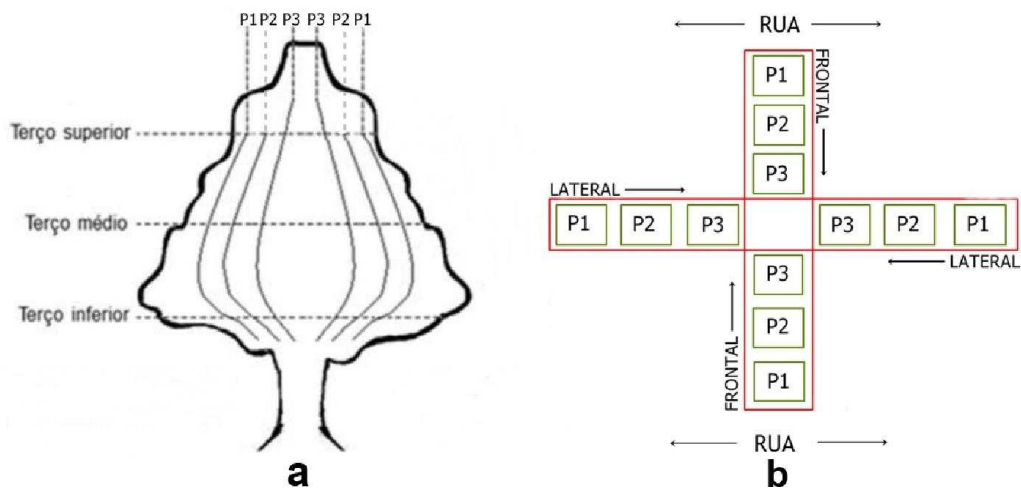


FIGURA 2: Divisão da planta em três alturas (terços superior, médio e inferior) e três profundidades (externa (P1), mediana (P2) e interna (P3)) (a); Representação das três profundidades (P1, P2 e P3) e duas posições (Lateral e Frontal) na visão superior de cada terço (b).

Para a quantificação dos depósitos da pulverização coletou-se três folhas em cada tratamento, ou seja, em cada profundidade dos quadrantes

e dos terços avaliados, sendo estas acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em caixa térmica para evitar desidratação. Em seguida, as amostras foram levadas para o laboratório, lavadas, adicionando 20 mL de água destilada em cada saco plástico e agitadas durante 30 segundos, e determinada as absorvâncias das soluções no espectrofotômetro de absorção molecular modelo SP 1105 no comprimento de onda de 630 nm (SANTIAGO, 2013).

A concentração dos depósitos expressa em  $\text{mg L}^{-1}$ , foi realizada a partir da curva de calibração de linearidade obtida entre a leitura da absorvância no espectrofotômetro e as concentrações do corante azul brilhante obtidas a partir de diluições da solução aplicada em campo (Figura 3).

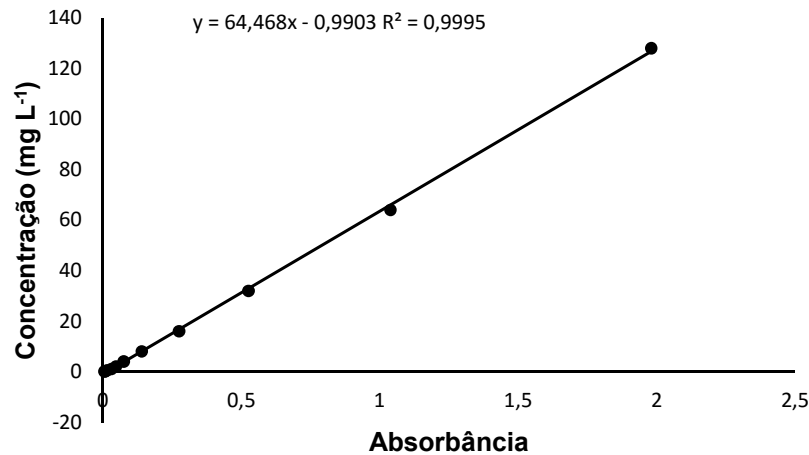


FIGURA 3: Curva de calibração de linearidade da solução padrão da calda aplicada com o atomizador.

Ao correlacionar a concentração do corante na solução de lavagem das amostras com a obtida na calda aplicada em campo, foi possível estabelecer o volume da calda retido no alvo, conforme descrito por Santiago (2013) na equação 2.

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (2)$$

Em que:

$C_i$  = Concentração do corante na calda aplicada  $\text{mg/L}$ ;

$V_i$  = Volume capturado pelo alvo  $\mu\text{L}$ ;

Cf = Concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorbância e transformada para mg/L e

Vf = volume da diluição da amostra  $\mu\text{L}$ .

Em seguida à análise espectrofotométrica, todas as folhas utilizadas para a extração do marcador foram mensuradas, utilizando o medidor de área foliar, LI-3100C Area Meter da Li-Cor®. Dessa forma, foi possível estabelecer a deposição da calda aplicada expressa em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  (FONTES, 2012; SANTIAGO, 2013; ZAMBIANCO, 2013).

As avaliações da cobertura e densidade de gotas foram realizadas pelo método da análise de imagem de papel hidrossensível. Em cada profundidade, foram fixadas uma etiqueta, com dimensões de 28 x 25,3 mm, que corresponderam aos tratamentos totalizando 12 etiquetas em cada terço e 36 por planta avaliada. Após a pulverização, as etiquetas foram coletadas, acondicionadas em envelopes de papel e levadas para o laboratório, onde foram digitalizadas por meio de scanner HP Scanjet G4050 na resolução de 600 dpi e as imagens analisadas por meio do programa computacional "GOTAS" (Sistema de análise de deposição de agrotóxicos "GOTAS", versão 2.2). O programa, desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente e Embrapa Informática Agropecuária, permite a análise da distribuição de gotas no processo de pulverização e, portanto, foram determinados a densidade de gotas ( $\text{gotas cm}^{-2}$ ) e a cobertura (% cobertura) nas etiquetas hidrossensíveis (EMBRAPA, 2016).

Os dados de deposição foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Na análise da densidade de gotas, submeteu-se à análise estatística descritiva seguindo a recomendação proposta por Matthews (2000), em que são sugeridos valores a serem depositados no alvo para que a aplicação de diferentes defensivos agrícolas seja considerada eficiente. Os dados de % de cobertura foram discutidos considerando os fatores descritos por Courshee (1967) (Equação 3).

$$C = 15 (VRK^2) / AD \quad (3)$$

em que

C = cobertura (% da área);

V = volume de Aplicação (L/ha);

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado, captado pelo alvo);

K = fator de espalhamento de gotas;

A = superfície vegetal existente no hectare e

D = diâmetro de gota.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo critérios de classificação de gotas propostos pela Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos (ASAE) citado por Ferreira et al. (2009), o espectro apresentou classificação fina (DMV médio 100-175  $\mu\text{m}$ ), sendo recomendado para aplicações de defensivos agrícolas de ação localizada, ou seja, de contato (Tabela 1).

Tabela 1: Análise do espectro de gotas do atomizador com disco dosador vermelho

Disco Dosador	DMV ( $\mu\text{m}$ )	%V <100 $\mu\text{m}$	Classe de gotas
Vermelho	174	28,24	Finas

DMV: Diâmetro da mediana volumétrica; %V<100  $\mu\text{m}$ : porcentagem do volume com gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ .

Em relação à porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$ , o espectro produzido pelo equipamento apresentou 28,24% de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  superando, portanto, o valor de referência (15%) considerado adequado para aplicações seguras, ou seja, com menor risco de deriva (CUNHA, 2003). Essas condições propiciam maiores cobertura e densidade de gotas depositadas, no entanto, quanto mais finas as gotas maiores as chances de serem carregadas pelo vento para fora do alvo ou ainda sofrerem evaporação (FERREIRA et al., 2009; FONTES, 2012).



Na análise do depósito da calda pulverizada, o desmembramento da interação entre os fatores permitiu identificar diferença significativa somente entre os quadrantes e as profundidades. Como não houve diferença significativa entre os níveis do fator terço, fica evidenciado a homogeneidade na deposição da calda independente da altura, representada pelos terços superior, médio e inferior (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância dos resultados de deposição

FV	GL	Fc	Pr>Fc
Blocos	7	0.8079	0.5949
Terço	2	0.4099	0.6714
Erro Terço	14		
Quadrante	1	15.6559	0.0006*
Terço X Quadrante	2	1.3323	0.2853
Erro Quadrante	21		
Profundidade	2	2.6408	0.0772
Terço X Profundidade	4	0.8137	0.5199
Profundidade X Quadrante	2	3.8992	0.0240*
Terço X Profundidade X Quadrante	4	0.8064	0.5245
Erro Profundidade	84		
CV (%) =		78,77	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Resultados semelhantes foram encontrados por Scudeler et al. (2004), ao avaliarem o depósito da pulverização de solução traçadora com diferentes equipamentos e condições operacionais. Eles constataram que, nos tratamentos onde utilizaram equipamentos portáteis (pulverizador costal manual e atomizador), a deposição nas diferentes alturas da planta foi mais homogênea enquanto que com pulverizadores de tração mecânica (turbopulverizadores) houve menor homogeneidade no depósito das aplicações com maior volume de produto na parte inferior das plantas de café. Esses autores, atribuem essa deficiência à posição e distância dos bicos de pulverização em relação à planta. Nos turbopulverizadores utilizados com pontas hidráulicas, a distância entre as pontas de pulverização e a parte baixa das plantas eram menores em relação as

partes mediana e superior o que proporcionou maior volume depositado na parte baixa.

A tendência de depósitos e coberturas mais homogêneos utilizando pontas pneumáticas é relatada por diversos autores (SCUDELER et al., 2004; MIRANDA, 2009; RUAS et al., 2011), no entanto, assim como em pulverizações com pontas hidráulicas, a maior eficiência pode estar relacionada à posição, direção e proximidade das pontas em relação ao alvo. As relações desses fatores no momento da aplicação devem minimizar as perdas por deriva e, conseqüentemente, facilitar a deposição da calda no alvo de interesse.

No presente estudo, o direcionamento do jato em toda a extensão vertical das plantas foi controlado pelo aplicador que, com auxílio da movimentação das folhas promovidas pelo fluxo de ar do equipamento, contribuiu para obtenção de deposição mais homogênea nas alturas avaliadas.

Ao avaliar a deposição da calda nas diferentes profundidades dos quadrantes verificou-se que não houve diferença significativa no quadrante lateral. No quadrante frontal a profundidade mais externa diferiu estatisticamente da profundidade interna, sendo superior em 72%. Em relação à profundidade mediana não foi observada diferença significativa que, por sua vez, não diferiu da profundidade interna. Ao analisar o depósito de corante nos diferentes quadrantes em cada profundidade, observou-se no quadrante frontal, valores de depósito superiores em relação ao quadrante lateral nas duas profundidades mais externas. Na profundidade mais interna não houve diferença significativa na deposição entre os quadrantes (Tabela 3).

Tabela 3: Deposição do corante em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  nas folhas do cafeeiro utilizando o pulverizador atomizador costal

PROFUNDIDADE	QUADRANTE	
	Lateral	Frontal
Externa	0,008 aB	0,039 aA
Mediana	0,005 aB	0,029 abA
Interna	0,010 aA	0,011 bA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Devido à arquitetura trapezoidal do cafeeiro e a elevada densidade de folhas, as gotas maiores depositam-se nos alvos mais expostos e são responsáveis pelo maior acúmulo nas partes mais externas e frontais das plantas. Em contrapartida, nas partes mais internas, que correspondem ao quadrante lateral e a profundidade interna do quadrante frontal, a maior densidade foliar interfere negativamente na deposição da calda, a qual fica dependente das gotas mais finas do espectro ocasionando menores depósitos devido ao menor volume de calda transportado por essas gotas.

Na análise da densidade de gotas, expressa em gotas  $\text{cm}^{-2}$ , independentemente da posição avaliada, o pulverizador atomizador costal operando a uma velocidade de  $1,3 \text{ Km h}^{-1}$  e volume de calda de  $261 \text{ L ha}^{-1}$  proporcionou boa distribuição, com densidade de gotas que variaram de 328 a  $1276 \text{ gotas cm}^{-2}$  (Tabela 4).

A eficiência na distribuição das gotas é atribuída ao potencial de transporte das gotas finas para interior do dossel das plantas através do fluxo de ar produzido pelo equipamento. Nessas condições, as gotas projetadas são facilmente arrastadas, sendo capazes de acompanhar o fluxo entre a folhagem e atingir partes mais internas (SASAKI et al., 2013). No entanto, o dimensionamento do fluxo de ar e operação do equipamento de forma inadequada, podem potencializar as perdas por deriva além de danificar as estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas.

Tabela 4: Valores de densidade de gotas (gotas cm<sup>-2</sup>), cobertura foliar (% cobertura) nos diferentes terços, quadrantes e profundidades da copa das plantas de café

TERÇO	QUADRANTE	PROFUNDIDADE	Média (gotas/cm <sup>-2</sup> )	Média % cobertura
SUPERIOR	LATERAL	EXTERNA	538	8,6
		MEDIANA	791	6,3
		INTERNA	328	3,9
	FRONTAL	EXTERNA	1154	16,0
		MEDIANA	530	8,6
		INTERNA	650	11,4
MÉDIO	LATERAL	EXTERNA	684	10,4
		MEDIANA	1055	6,0
		INTERNA	368	3,3
	FRONTAL	EXTERNA	575	20,0
		MEDIANA	625	6,2
		INTERNA	1276	9,0
INFERIOR	LATERAL	EXTERNA	370	3,8
		MEDIANA	336	2,4
		INTERNA	729	5,0
	FRONTAL	EXTERNA	1061	11,6
		MEDIANA	1213	5,8
		INTERNA	960	7,2

De forma semelhante vários autores, avaliando a qualidade de pulverizações com diferentes tipos de pulverizadores e diferentes culturas, obtiveram aplicações mais homogêneas quando utilizaram pulverizadores com pontas pneumáticas ou pontas hidráulicas com assistência de ar, comparadas com aplicações utilizando somente pontas hidráulicas (SCUDELER et al., 2004; RUAS et al., 2011; FONTES, 2012; MIRANDA et al., 2012).

Ao avaliar a cobertura do alvo proporcionada pelo atomizador, observou-se maiores valores de porcentagem de área coberta nas partes onde foram constatados maiores valores de depósitos, que correspondem às profundidades externas e medianas do quadrante frontal nos três terços avaliados e, portanto, apresentou relação diretamente proporcional entre as duas variáveis (Tabela 4). A maior exposição e proximidade dessas regiões, que decresce da parte externa para interna, permitem que maiores quantidades de gotas sejam depositadas sobre as folhas. Como o espectro de gotas produzido pelos equipamentos é variável (MATUO et al., 2006;

SANTIAGO, 2013; ZAMBIANCO, 2013), as gotas de maior diâmetro apresentam maior volume e tendem a interceptar os alvos mais próximos, apresentando baixa capacidade de penetração. A combinação da maior quantidade de gotas depositadas e o maior volume por elas transportados justificam os maiores valores de cobertura e deposição observados nas profundidades mais externas do quadrante frontal (Figura 4).

O padrão de porcentagem de cobertura proporcionado pelo pulverizador atomizador costal e apresentado na Figura 4, é coerente com as constatações citadas uma vez que, à medida que aumentou o percentual da área coberta, observou-se maior número de gotas impactadas, assim como gotas de maior diâmetro.

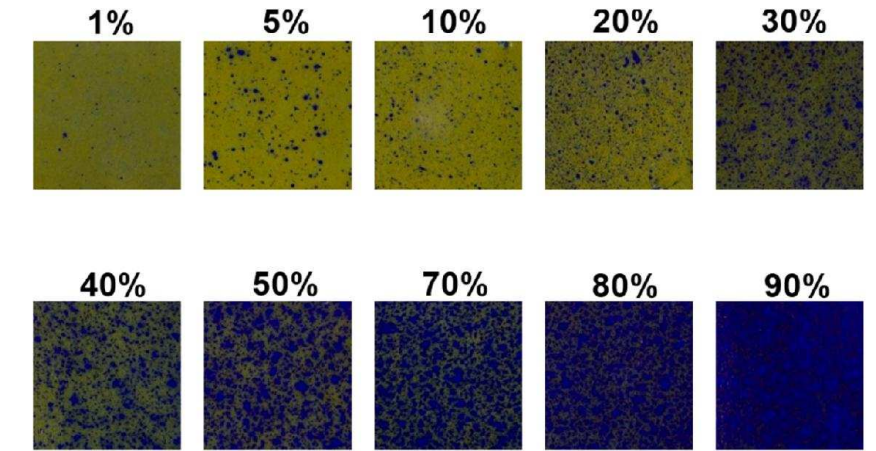


Figura 4: Padrão de porcentagem de cobertura nas etiquetas proporcionado pelo pulverizador atomizador costal em lavoura de café com volume de calda de 261 L ha<sup>-1</sup> e velocidade 1,3 km h<sup>-1</sup>.

Seguindo as recomendações de valores de densidade de gotas sugerido por Matthews (2000), o pulverizador atomizador costal apresentou desempenho satisfatório para aplicação de produtos fitossanitários tanto de ação sistêmica (30 a 50 gotas cm<sup>-2</sup>) quanto, principalmente, de contato (acima de 70 gotas cm<sup>-2</sup>) independente da parte avaliada.

Mesmo obtendo valores de cobertura e deposição inferiores nas profundidades internas, a elevada densidade de gotas depositadas revela boa capacidade de distribuição da calda, garantido a chegada do produto nas diferentes partes do dossel, pois, por menor que seja o tamanho da

gota, em seu interior se encontra o ingrediente ativo que em contato com o alvo, agirá no seu controle.

Embora esse comportamento favoreça a distribuição da calda pelo dossel, o espectro produzido (gotas finas) pode promover efeito negativo se no momento da aplicação as condições climáticas estiverem com temperaturas superiores a 25°C e umidade relativa do ar inferiores a 60%. Nessas condições, quanto menor o tamanho das gotas, maiores serão as chances de sofrerem deriva e volatilização, o que pode tornar o controle ineficiente.

Sendo assim, o atomizador operando na aceleração máxima, disco dosador vermelho, velocidade de 1,3 Km h<sup>-1</sup> e volume de calda de 261 L ha<sup>-1</sup> pode ser recomendado para aplicação de produtos fitossanitários em café. No entanto, a operacionalidade do equipamento fica condicionada ao conhecimento das interações entre os fatores que interferem na qualidade da aplicação. Além disso, novos trabalhos atestando o rendimento operacional e os riscos de intoxicação devem ser realizados para que assim, seja alcançado maior eficiência nas aplicações desses produtos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. (ed.) **Fungicide: An advanced treatise**. Academic Press, New York, 1967. p. 239-86.

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.

DECARO JUNIOR, S. T. **Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo na cultura do café para o controle de *Leucoptera coffeella***. 2013, 102 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; FOUQUET, O. Reducing spray volume for the control of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 491 - 498, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de análise de deposição de agrotóxicos**. Embrapa Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.agrolivre.gov.br/projects/gotas>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L. Tecnologia de aplicação de herbicidas. In: SILVA, A. A; SILVA, J. F. da. (eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV, Viçosa, MG. p. 325-367, 2009.

FONTES, L. O. **Desempenho operacional de pontas de pulverização para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do melão**. 2012, 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

GUARANY. **Atomizador costal motorizado**. Disponível em: <http://www.guaranyind.com.br/equipamento/atomizador-costal-motorizado-18l>. Acesso em: 25 jan. 2016.

MATIELLO, J.B.; GARCIA, A.W.R.; FIORAVANTE, N. Produção nas seis primeiras safras, em cafeeiros sob sistemas de poda, com e sem dobra na linha e na rua. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2005, Guarapari, ES. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. p. 40-41.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3. Ed, Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MATUO, T.; PIO, C. L.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **Curso de especialização por tutoria a distância – proteção de plantas**. Módulo 02, 2006, Brasília. 100 p.

MIRANDA, G. R. B. **Distribuição de inseticidas em frutos do cafeeiro (*coffea arabica* L.) e eficiência no controle da broca-do-cafeeiro (*hypthenemus hampei* f.)**. 2009, 133 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências agrônômicas, Botucatu, 2009.

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

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

RUAS, J. M. F.; BALAN, R.; ABI SAAB, O. J. G. Comparação da cobertura de pulverizadores costais de acionamento manual e motorizado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1417-1422, 2011.



SANTIAGO, H. **Pulverização aérea com adição de adjuvante para o controle da lagarta falsa medideira (*Pseudoplusia includens*)**. 2013, 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

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.; ARAUJO, 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.

TIBURCIO, R. A. S. **Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de brotações na reforma de eucalipto**. 2014, 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em café. In: ZAMBOLIM, I.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade**. UFV, Viçosa, 2010, p. 165-218.

VILELA, P. S.; RUFINO, J. L. S. **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. INAES, Belo Horizonte, 2010. 300 p.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação da qualidade de pulverização em plantas de tomate utilizando diferentes pontas**. 2013. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de sistemas agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

## CAPÍTULO II

### CARACTERIZAÇÃO DO PULVERIZADOR COM BARRA VERTICAL PARA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DO CAFÉ

#### RESUMO

Índices adequados de produtividade da cafeicultura de montanha dependem, dentre outros fatores, do eficiente controle de pragas, doenças e plantas daninhas por meio da adoção de técnicas adaptadas ao modelo produtivo. No entanto, o mercado de máquinas e implementos agrícolas tem demonstrado grande carência no que diz respeito a produtos que atendam às demandas dessas regiões declivosas. Assim, o trabalho teve como objetivo caracterizar uma aplicação de defensivos agrícolas em café de montanha, utilizando um modelo alternativo de pulverizador estacionário com uma barra porta bicos na vertical (“foguetinho”), operando na velocidade de 4,2 km h<sup>-1</sup>, pressão de 300 kPa e volume de calda de 540 L ha<sup>-1</sup>. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas com oito repetições, sendo a parcela representada por três alturas na planta (terços superior, médio e inferior), a subparcela por dois quadrantes (frontal e lateral) e a sub-subparcela por três profundidades (externa, mediana e interna). Dentre os parâmetros avaliados, a densidade de gotas depositadas (gotas cm<sup>-2</sup>) e as porcentagens de área coberta foram mensuradas por meio da análise das etiquetas de papeis hidrossensíveis analisadas pelo software “GOTAS”. Para quantificar o parâmetro deposição (µL cm<sup>-2</sup>), ou seja, a quantidade do produto retido no alvo, coletou-se três folhas em cada tratamento e após serem lavadas, determinou-se as absorvâncias das soluções por espectrofotometria de absorção molecular. Os maiores valores de cobertura e deposição, foram observados nas extremidades da copa e na face frontal em relação à movimentação do aplicador. A distância entre a barra porta bicos e as partes mais internas do dossel das plantas dificultou a penetração das gotas, favorecendo os maiores valores de

cobertura e deposição nas profundidades externas do quadrante frontal, devido à maior proximidade em relação à barra.

**Palavras chave:** Densidade de gotas, pulverizador estacionário, distribuição da calda.

## CHAPTER II

### CARACTERIZATION OF PNEUMATIC KNAPSACK SPRAYER FOR PESTICIDES APPLICATION IN THE COFFEE CULTURE

#### ABSTRACT

Appropriate indexes in productivity in mountain coffee depends on the efficient control of pests, diseases and weeds. However, the market of sprayers have shown great need with regard to products that meet the demands of these hilly regions. The study aimed to characterize an application of pesticides in mountain coffee, using an alternative model of stationary sprayer with a vertical bar ("foguetinho"), operating at the speed of 4,2 km h<sup>-1</sup>, pressure of 300 kPa and spray volume of 540 L ha<sup>-1</sup>. The experiment was conducted in sub-subdivided parcel being in the parcel three heights on the coffee plants (upper, middle and lower thirds) in the subparcel two quadrants (front and side) and in the sub-subparcel three depths (external, median and internal) in randomized block experimental design with eight replications for the deposition, droplet density and coverage tests. The values of droplet density (drops cm<sup>-2</sup>) and coverage (%) were measured by analyzing the water sensitive paper labels distributed at all levels of the studied factors and after spraying from water with dye tracer, they were removed, scanned and analyzed by "GOTAS" software. To quantify the deposition (µL cm<sup>-2</sup>), were collected three leaves in each treatment and after being washed, the absorbance of solutions was determined by molecular absorption spectrophotometry. The highest values of coverage and deposition were observed on the external depths of the front quadrant. The distance between the vertical bar and the external parts of the plant canopy hindered the penetration of drops, favoring the higher coverage amounts and deposited in the outer depths of the front quadrant, due to greater proximity to the bar.

**Keywords:** droplet density, stationary sprayer, spraying liquid distribution.

## INTRODUÇÃO

O uso do controle químico, aliado à utilização dos pulverizadores portáteis em café de montanha, tem viabilizado maior rendimento do trabalhador. Entretanto, a variabilidade no seu uso e as dificuldades operacionais podem ocasionar baixa eficiência no controle (VIANA et al., 2010).

Além dos pulverizadores costais, outros modelos utilizados nas aplicações de defensivos agrícolas são os pulverizadores hidráulicos estacionários, os quais também utilizam a pressão para produção das gotas. A pressão pode ser fornecida por bomba acionada manualmente, por motor elétrico ou a gasolina, ou ainda pela TDP do trator. Nesses modelos, a bomba e o reservatório de calda podem ser transportados pelo trator e ficam nos carregadores da lavoura. A distribuição da calda é realizada por meio de mangueira com comprimentos variados, onde é acoplado um sistema com gatilho e lança de pulverização.

Nas aplicações de produtos fitossanitários com esses modelos, considerados tradicionais, o aplicador inicia o caminhamento pulverizando uma face da fileira e retorna pulverizando outra face da fileira oposta, caminhando duas vezes na mesma entre linha de plantio. Além de aumentar o risco de exposição ao produto pulverizado, existe o inconveniente da movimentação desordenada da lança de aplicação, o que pode provocar elevada heterogeneidade na distribuição do produto na planta além de aumentar as perdas por deriva o que vai comprometer a eficiência no controle desejado.

O modelo de barra em análise no presente estudo, desenvolvida pela empresa Herbicat®, visa aprimorar a eficiência e segurança nas aplicações de produtos fitossanitários com pulverizadores estacionários. Para isso, o equipamento dispõe de uma barra vertical acoplada à bomba por meio de mangueira e transportada apoiada nas costas do aplicador por alças análogas às mochilas. A disposição dos bicos ao longo desta barra, visa uma cobertura de todos os terços da planta eliminando os efeitos negativos da instabilidade das lanças utilizadas nos modelos tradicionais. Além disso, a possibilidade de realizar a aplicação simultânea atingindo um

lado de duas fileiras opostas, permite maior segurança ao aplicador que realiza o caminhamento anterior à aplicação da calda (HERBICAT, 2016).

Em face ao exposto, o trabalho teve como objetivo caracterizar uma aplicação de produtos fitossanitários em café, utilizando um modelo de barra porta bicos vertical para pulverizadores estacionários.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento de campo foi realizado com um pulverizador estacionário, composto por um conjunto motobomba equipado com motor Branco® modelo B2T-3.5, monocilíndrico, movido à gasolina, que acionava uma bomba de pistão YAMAHO® modelo S-12 (Figura 1c), com vazão entre 8 a 11 L min<sup>-1</sup>. Ao conjunto motobomba foi acoplado um tanque de polietileno com capacidade para armazenar 200 L de calda e uma mangueira com 30 metros de comprimento acoplada à uma barra porta bicos, cujo protótipo, denomina-se “foguetinho”, (Figura 1a) desenvolvido pela empresa Herbicat®.

A barra porta bicos é construída em aço inox, posicionada na vertical e fixada por uma articulação em um suporte com alças análogas a uma mochila e possui, na extremidade superior, uma alça que permite a inclinação do equipamento suspendendo o suporte de sustentação para facilitar as operações de manobra (Figura 1a). O suporte de sustentação é fixado na extremidade inferior da barra porta bicos e fica em contato com o solo, sendo arrastado com a movimentação do equipamento (Figura 1b).

Ao longo da barra porta bicos, foram instaladas sete sessões espaçadas de 0,30 metros, com dois bicos dispostos em lados opostos, (Figura 1d), totalizando 14 bicos, de modo que ao caminhar na entrelinha do café o operador pulveriza as faces opostas das fileiras (Figura 2a). As pontas de pulverização utilizadas no trabalho foram a XR 8002VS, recomendadas para operar nas pressões entre 100 e 400 kPa (TEEJET, 2008).



Figura 1: Barra porta bicos (Foguetinho) equipada com 14 pontas de pulverização XR 8002 distribuídas em sete sessões com duas pontas cada e detalhe da alça de manobra (a); detalhe do suporte de sustentação fixado na base da barra porta bicos (b); conjunto motobomba utilizado para pressurizar o sistema hidráulico (c) e detalhe do espaçamento entre sessões e movimento giratório (controle do fluxo) das sessões em torno do eixo (d).

Antes de iniciar a pulverização em campo, foi definido a pressão de trabalho por meio da análise do espectro de gotas produzido pela ponta utilizada no equipamento. Após a determinação da pressão de trabalho caracterizou-se o perfil de distribuição volumétrica.

Na análise do espectro, obteve-se os parâmetros diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e a porcentagem de gotas produzidas com diâmetro menor que  $100 \mu\text{m}$  ( $\%V < 100 \mu\text{m}$ ), por meio de analisador de partículas a laser (Spraytech, Malvern Instruments Co.), conforme descrito por Tiburcio (2014). O DMV é o diâmetro de gota, tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (VIANA et al., 2010), o qual foi considerado como referência para a classificação do espectro das gotas em trânsito, ou seja, das gotas

produzidas até atingirem o alvo. Em relação à  $\%V < 100 \mu\text{m}$ , valores até 15%, segundo Cunha (2003), indicam maior segurança para as aplicações de produtos fitossanitários em relação ao risco de deriva e, portanto, foi adotado como critério na escolha da pressão de trabalho.

Para tal, foram escolhidas, aleatoriamente, três pontas (três repetições) entre as 14 a serem utilizadas na aplicação em campo, em seis pressões de trabalho (100, 200, 300, 400, 500 e 600 kPa). Após a instalação de cada ponta na barra giratória instalada sobre o feixe luminoso do analisador de partículas a laser, colocou-se o sistema hidráulico em funcionamento até que o fluxo do líquido se estabilizasse à pressão desejada, em seguida, girava-se a barra de modo que o jorro atingisse transversalmente o feixe luminoso.

Para a escolha da pressão de trabalho, foi considerado a produção de gotas finas (DMV entre 100 e 175  $\mu\text{m}$ ), segundo a recomendação para aplicação de produtos fitossanitários de ação de contato, proposta pela Associação dos Engenheiros Agrícolas Americanos (ASAE), citado por Ferreira et al. (2009) e valores da porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  abaixo de 15%, conforme recomendado por Cunha (2003).

O perfil de distribuição volumétrica horizontal foi determinado em bancada padrão conforme a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986), escolhendo, aleatoriamente, três entre as 14 pontas de pulverização a serem utilizadas nas aplicações em campo, cada uma representando uma repetição. Os dados foram analisados por meio de curva padrão da faixa de aplicação das pontas de pulverização, na distância de 0,50 metros em relação à bancada, conforme realizado por Freitas et al. (2005).

Após determinação da pressão de trabalho, que foi aferida por meio de manômetro instalado na barra porta bicos, realizou-se a etapa de campo em uma lavoura de café (*Coffea arabica*) comercial em produção com espaçamento de plantio de 3,0 x 0,7 metros, altura e diâmetro de copa de 2,20 e 2,0 metros, respectivamente, localizado no município de Viçosa-MG, latitude 20°40'36,83" Sul, longitude 42°50'37" Oeste e altitude de 744 metros.



Para a calibração do equipamento em campo, realizou-se pulverização percorrendo-se uma distância de 50 metros, determinando-se em seguida o volume de calda (L ha<sup>-1</sup>), utilizando-se a Equação 1.

$$q = \frac{Q \times V \times f}{600} \quad (1)$$

em que

q = vazão da barra (L min<sup>-1</sup>);

Q = volume da calda (L há<sup>-1</sup>);

V = velocidade de trabalho (Km h<sup>-1</sup>) e

f = faixa aplicada (m).

Para aplicação, o operador caminhou na entrelinha até o limite de comprimento da mangueira com o fluxo de calda fechado. A aplicação foi realizada apenas na caminhada de volta, sendo realizado de forma simultânea nos dois lados da entrelinha (Figura 2) aplicando-se uma faixa (f) de 3 m, numa velocidade de trabalho de 4,2 km h<sup>-1</sup>. A vazão da barra a 300 kPa foi de 11,34 L min<sup>-1</sup>, proporcionando um volume de calda de 540 L ha<sup>-1</sup>.

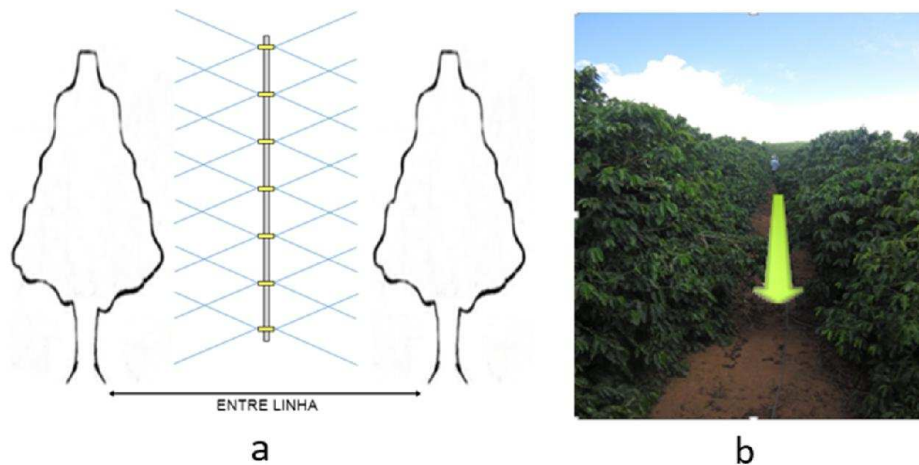


Figura 2: Esquema da aplicação simultânea nas duas fileiras de plantio (a). Sentido do caminhamento no momento da pulverização (b).

Após a calibração, foi realizado aplicação utilizando água mais corante alimentício azul brilhante na concentração de 3.000 mg L<sup>-1</sup> (PALLADINI et al., 2005). O corante em solução aquosa serviu como

marcador para posterior quantificação do volume da calda que ficou retido no alvo. No momento da aplicação, a temperatura variou de 23 a 26°C, a umidade relativa de 65 a 76% e a velocidade do vento de 3,2 a 5,8 km h<sup>-1</sup> medidos por meio do Termo-Higrômetro HERBICAT EMD TGH 122, e do anemômetro de pá INSTRUTHERM AD-250.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas com oito repetições, sendo a parcela representada por três alturas na planta (terços superior, médio e inferior), a subparcela por dois quadrantes (frontal e lateral) e a sub-subparcela por três profundidades (externa, mediana e interna), conforme Figura 3.

Para a quantificação dos depósitos da pulverização coletou-se três folhas em cada tratamento, ou seja, em cada profundidade dos três terços, sendo estas acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em caixa térmica para evitar desidratação. Em seguida, as amostras foram levadas para o laboratório, lavadas, adicionando 20 mL de água destilada em cada saco plástico e agitados durante 30 segundos e determinada as absorbâncias das soluções no espectrofotômetro de absorção molecular modelo SP 1105 no comprimento de onda de 630 nm (SANTIAGO, 2013).

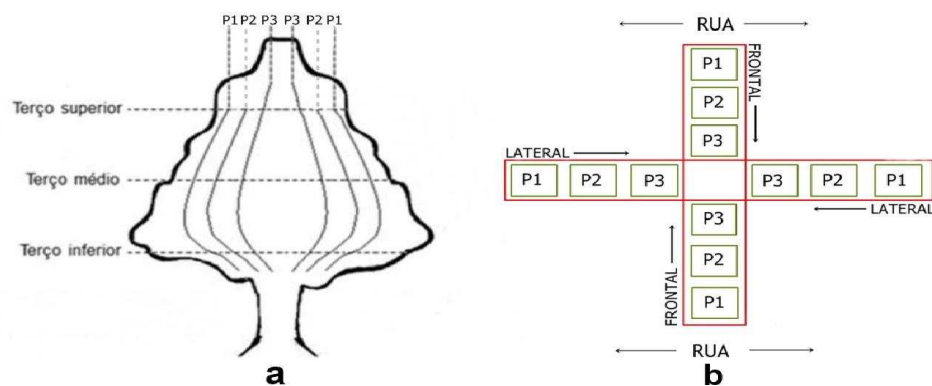


FIGURA 3: Divisão da planta em três alturas (terços superior, médio e inferior) e três profundidades (externa (P1), mediana (P2) e interna (P3)) (a); Representação das três profundidades (P1, P2 e P3) e duas posições (Lateral e Frontal) na visão superior de cada terço (b).

A determinação da concentração dos depósitos expressa em  $\text{mg L}^{-1}$ , foi realizada a partir da curva de calibração de linearidade obtida entre a leitura da absorbância no espectrofotômetro e as concentrações do corante azul brilhante obtidas a partir de diluições da solução aplicada em campo (Figura 4).

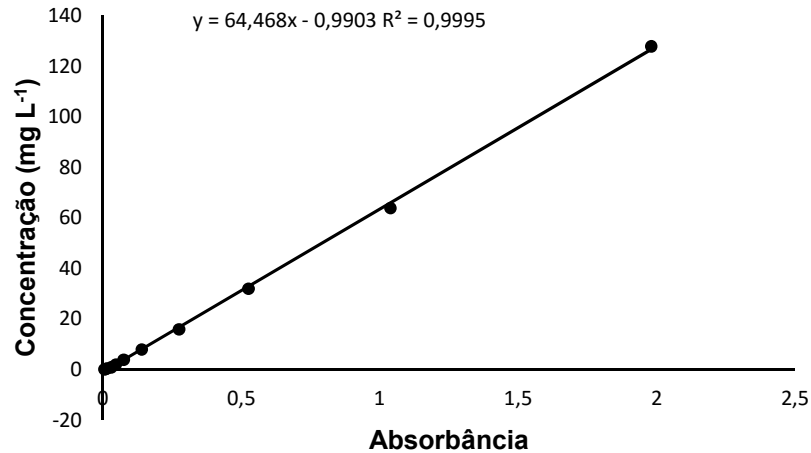


FIGURA 4: Curva de calibração de linearidade da solução padrão da calda aplicada com o pulverizador estacionário com barra vertical.

Ao correlacionar a concentração do corante na solução de lavagem das amostras com a obtida na calda aplicada em campo, foi possível estabelecer o volume da calda retido no alvo utilizando a Equação 2, conforme descrito por Santiago (2013) e Fontes (2012).

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad (2)$$

Em que:

$C_i$  = Concentração do corante na calda aplicada  $\text{mg/L}$ ;

$V_i$  = Volume capturado pelo alvo  $\mu\text{L}$ ;

$C_f$  = Concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorbância e transformada para  $\text{mg/L}$  e

$V_f$  = volume da diluição da amostra  $\mu\text{L}$ .

Em seguida à análise espectrofotométrica, todas as folhas utilizadas para a extração do marcador foram mensuradas, utilizando o medidor de área foliar, LI-3100C Area Meter da Li-Cor®. Dessa forma, foi possível

estabelecer a deposição da calda aplicada expressa em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  (SANTIAGO 2013; FONTES, 2012; ZAMBIANCO, 2013).

As avaliações da cobertura e densidade de gotas foi realizada pelo método da análise de imagem de papel hidrossensível. Em cada profundidade, foi fixada uma etiqueta, com dimensões de 28 x 25,3 mm, que corresponderam aos tratamentos totalizando 12 etiquetas em cada terço e 36 por planta avaliada. Após a pulverização, as etiquetas foram coletadas, acondicionadas em envelopes de papel e levadas para o laboratório, onde foram digitalizadas por meio de scanner HP Scanjet G4050 na resolução de 600 dpi e as imagens, analisadas por meio do programa computacional "GOTAS" (Sistema de análise de deposição de agrotóxicos "GOTAS", versão 2.2). O programa, desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente e Embrapa Informática Agropecuária, permite a análise da distribuição de gotas no processo de pulverização e, portanto, foram determinados a densidade de gotas ( $\text{gotas cm}^{-2}$ ) e a cobertura (% cobertura) nas etiquetas hidrossensíveis (EMBRAPA, 2016).

Os dados de deposição, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Na análise da densidade de gotas, submeteu-se a análise estatística descritiva seguindo a recomendação proposta por Matthews (2000), em que são sugeridos valores a serem depositados no alvo para que a aplicação de diferentes defensivos agrícolas seja considerada eficiente. Os dados de % de cobertura foram discutidos considerando os fatores descritos por Courshee (1967) conforme Equação 3.

$$C = 15 (VRK^2) / AD \quad (3)$$

em que

C = cobertura (% da área);

V = volume de aplicação (L/ha);

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado, captado pelo alvo);

K = fator de espalhamento de gotas;

A = superfície vegetal existente no hectare e

D = diâmetro de gota

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do espectro de gotas, produzido pela ponta utilizada no pulverizador estacionário com barra (XR 8002), o aumento da pressão provocou diminuição no DMV e incremento da %V <100  $\mu\text{m}$  (Tabela 1).

Esse comportamento pode ser relacionado de forma vantajosa ao aumento da cobertura do alvo, pois, segundo o modelo proposto por Courshee (1967), a cobertura do alvo é influenciada positivamente pelo aumento do volume de calda e pela redução do diâmetro de gotas produzidas, desde que a essa redução não comprometa a taxa de recuperação, ou seja, favorecer a evaporação e o arraste das gotas para fora do alvo (FONTES, 2013).

Tabela 1: Análise do espectro de gotas das pontas XR 8002.

Pressão (kPa)	DMV ( $\mu\text{m}$ )	%V <100 $\mu\text{m}$	Classe de gotas
100	285	6	Grossa
200	193	15	Média
<b>300</b>	<b>166</b>	<b>21</b>	<b>Fina</b>
400	152	25	Fina
500	141	30	Fina
600	135	32	Fina

DMV: Diâmetro da mediana volumétrica; %V<100  $\mu\text{m}$ : porcentagem do volume com gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ .

O espectro de gotas produzido nas diferentes pressões, variou entre as classes fina (DMV 100 a 175) até grossa (DMV 250 a 375). Sendo assim, a pressão de trabalho definida foi de 300 kPa, permitiu o espectro de gotas fina, recomendado para aplicação de produtos com ação de contato, considerados mais exigentes em cobertura (FERREIRA et al., 2009).

Na classe de gotas determinada (fina), nenhum valor da %V <100  $\mu\text{m}$  foi menor que 15% que seria a situação ideal para aplicações mais seguras (CUNHA, 2003; FONTES, 2012; TIBURCIO, 2014), no entanto, considerou-se a pressão que proporcionou o menor valor desse parâmetro,

ou seja, o valor que mais se aproxima do ideal dentro da classe de gotas definida.

Na Figura 5, encontra-se a curva padrão da equação de regressão do perfil de distribuição volumétrica individual da ponta utilizada, na altura recomendada pelos fabricantes (0,50 metros) e na pressão de trabalho predefinida de 300 kPa.

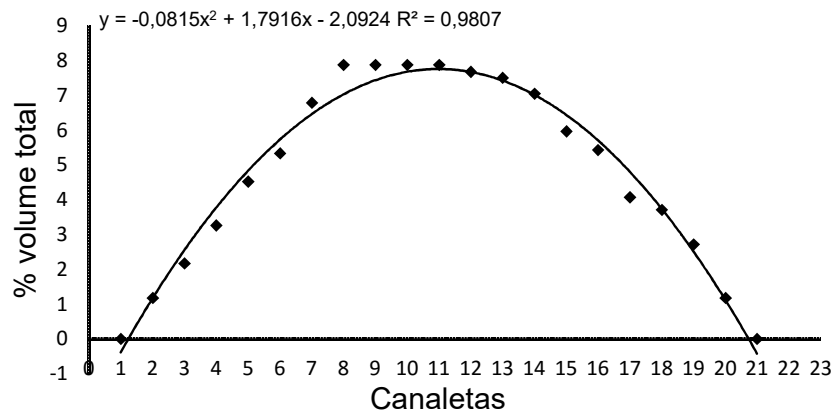


Figura 5: Curva padrão do perfil individual de deposição da ponta XR8002 operando na pressão de 300 kPa a 0,50 metros de distância em relação à bancada padrão.

O padrão de deposição produzido por essa ponta, decresceu do centro para as extremidades, o que caracteriza, segundo Ferreira et al. (2009), padrão de deposição descontínua ou de distribuição normal. Pontas com jato plano e com esse perfil de distribuição, são recomendadas para trabalhar em barras, havendo sobreposição entre elas (MATUO et al., 2001; FREITAS et al., 2005). A barra vertical do foguetinho, equipada com as pontas no espaçamento de 0,30 metros, garante essa sobreposição entre os jatos formando uma faixa de aplicação constante de 2,1 metros validando assim, as recomendações do fabricante.

Na análise de deposição houve diferença significativa para as interações “Terço x Profundidade” e “Profundidade x Quadrante” (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância dos resultados de deposição de calda em plantas de café.

FV	GL	Fc	Pr>Fc
Blocos	7	2.137	0.1073
Terço	2	1.8231	0.1979
Quadrante	1	20.5327	0.0001*
Profundidade	2	20.5914	0.0001*
Terço X Quadrante	2	3.3430	0.0549
Terço X Profundidade	4	4.4709	0.0025*
Profundidade X Quadrante	2	4.5696	0.0130*
Terço X Profundidade X Quadrante	4	0.4673	0.7596
Erro Terço	14		
Erro Quadrante	21		
Erro Profundidade	84		
CV (%) =		73.51	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

O depósito proporcionado pelo foguetinho se mostrou homogêneo nas três alturas avaliadas, no entanto, na avaliação das profundidades notou-se maiores deposições nas partes externa e mediana nos dois terços superiores. No terço inferior a profundidade externa superou as profundidades mediana e interna (Tabela 3).

Tabela 3: Deposição do corante em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  nas folhas do cafeeiro utilizando o pulverizador estacionário com barra com barra vertical

TERÇO	PROFUNDIDADE		
	Externa	Mediana	Interna
Superior	0.0955 aA	0.0725 aA	0.0492 aB
Médio	0.1302 aA	0.0919 aA	0.0425 aB
Inferior	0.1479 aA	0.0503 aB	0.0376 aB

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Neste equipamento a faixa de aplicação de 2,1 metros produzida pela barra vertical superou a altura média das plantas (2 metros), o que permitiu a deposição em toda sua extensão vertical, sendo fundamental na homogeneidade entre as alturas avaliadas validando assim a proposta do fabricante.

Em trabalhos semelhantes, essa tendência foi observada por Ramos et al. (2007) e Ferreira et al. (2013), nas culturas do citros e café respectivamente. Ao relacionarem os maiores valores de depósitos à menor proximidade dos bicos dos turbopulverizadores em relação às partes baixas das plantas, os autores sugerem a possibilidade de levantar o conjunto ventilador e bicos até a altura média das plantas, para aproximar os bicos superiores ao ápice e assim, distribuir melhor as gotas.

No presente trabalho, as diferenças observadas nos valores de depósitos entre as profundidades, estão relacionadas à distância entre o conjunto de bicos e as plantas. O posicionamento da barra em estudo no centro da entre linha, ou seja, distante 1,50 metros do centro da linha de plantio e dos alvos mais internos, pode ter favorecido arraste pelo vento e/ou evaporação das gotas mais finas do espectro, fazendo com que houvesse maior participação das gotas de maiores diâmetro e volume na deposição da calda (Figura 8). Nessas condições, as gotas tendem a interceptar as superfícies mais próximas e expostas do dossel, devido à baixa mobilidade entre a massa foliar do cafeeiro, o que justifica os maiores valores de depósitos observados nas profundidades externas decrescendo para as partes mais internas.

Essa constatação também é evidenciada ao analisar os depósitos entre as profundidades e os quadrantes, confirmando o efeito negativo na deposição proporcionado pela distância elevada entre a barra e o alvo. As partes das plantas mais distantes das pontas de pulverização, ou seja, todas as profundidades do quadrante lateral e a profundidade interna do quadrante frontal, não diferiram entre si. No entanto, os valores foram menores em relação às profundidades externa e mediana do quadrante frontal, com maior valor observado na profundidade externa, a mais exposta e próxima às pontas de pulverização (Tabela 4).



Tabela 4: Deposição do corante em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  nas folhas do cafeeiro utilizando o pulverizador estacionário com barra vertical

PROFUNDIDADE	QUADRANTE	
	Lateral	Frontal
Externa	0,06 aB	0,16 aA
Mediana	0,04 aB	0,09 bA
Interna	0,03 aA	0,05 cA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise da distribuição da calda e cobertura do alvo, o pulverizador operando na pressão de 300 kPa, velocidade de 4,2 km h<sup>-1</sup> e volume de calda de 540 L ha<sup>-1</sup>, proporcionou valores de densidade de gotas que variaram de 45 a 163 gotas cm<sup>-2</sup> e 4,6 a 51,5% de área coberta, respectivamente. Nota-se que a cobertura proporcionada pelo equipamento apresentou relação direta com a deposição, apresentando nas partes mais externas e próximas às pontas de pulverização, os maiores valores assim como observados na deposição da calda (Tabela 5). Esse comportamento mostra-se coerente ao modelo proposto por Courshee (1967), uma vez que a cobertura do alvo é influenciada positivamente pelo aumento do volume depositado.

Tabela 5: Valores de densidade de gotas (gotas cm<sup>-2</sup>), cobertura foliar (% cobertura) nos diferentes terços, quadrantes e profundidades da copa das plantas de café utilizando o pulverizador estacionário com barra vertical

TERÇO	QUADRANTE	PROFUNDIDADE	Média (gotas/cm <sup>2</sup> )	Média % cobertura
SUPERIOR	LATERAL	EXTERNA	45	18,5
		MEDIANA	84	15,0
		INTERNA	74	4,9
	FRONTAL	EXTERNA	103	32,7
		MEDIANA	91	23,1
		INTERNA	87	15,9
MÉDIO	LATERAL	EXTERNA	105	10,9
		MEDIANA	124	11,5
		INTERNA	92	7,0
	FRONTAL	EXTERNA	123	51,5
		MEDIANA	124	30,3
		INTERNA	76	18,1
INFERIOR	LATERAL	EXTERNA	101	7,2
		MEDIANA	115	4,6
		INTERNA	163	8,7
	FRONTAL	EXTERNA	132	42,7
		MEDIANA	123	8,4
		INTERNA	123	9,7

Ao avaliar a distribuição das gotas por meio da análise de imagem de papel hidrossensível por programa computacional, observou-se uma limitação para contabilizar as gotas em coberturas superiores a 10%, devido ao elevado volume de calda utilizado (540 L ha<sup>-1</sup>) e ao prevalecimento de gotas grossas no espectro depositado. À medida que se aumenta o número de gotas depositadas por unidade de área, aumenta-se também a chance de haver sobreposição entre elas, causando interpolação e o surgimento de manchas contínuas (Figura 6). Essas manchas, são contabilizadas como uma única gota pelo programa computacional, o que acaba subestimando a densidade de gotas e explica alguns valores reduzidos, observados em condições de porcentagem de área coberta elevada (Tabela 5).

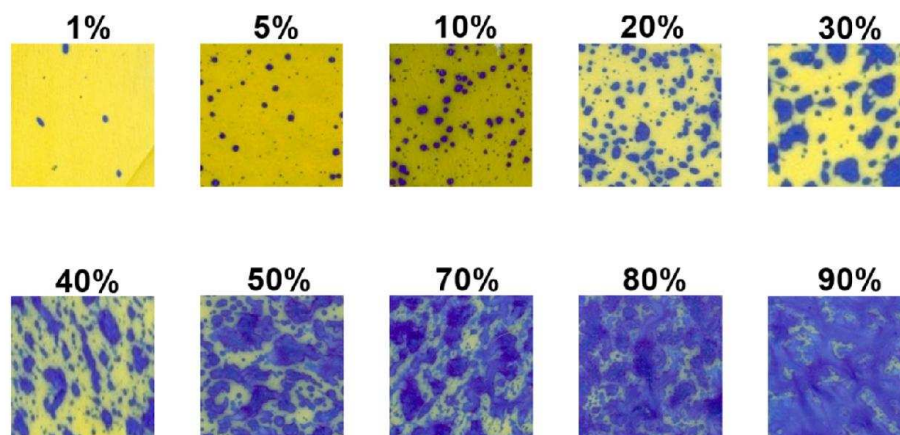


Figura 6: Padrão de porcentagem de cobertura nas etiquetas proporcionado pelo pulverizador estacionário com barra vertical em lavoura de café com volume de calda de 540 L ha<sup>-1</sup> e velocidade 4,2 km h<sup>-1</sup>.

Seguindo as recomendações dos valores de densidade de gotas sugerido por Matthews (2000), o pulverizador estacionário com barra vertical nas condições descritas acima, atendeu satisfatoriamente aos critérios estabelecidos para aplicações de produtos tanto de ação sistêmica quanto de contato. No entanto, não se deve analisar a eficiência de equipamentos na aplicação de produtos fitossanitários considerando fatores isolados, e sim a interação entre eles.

Sendo assim, o pulverizador estacionário com barra nas condições descritas acima, apresentou potencial de uso para aplicação de produtos fitossanitários em café em diferentes situações. No entanto, por se tratar de um protótipo, algumas alterações devem ser estudadas, como alteração das pontas de pulverização, mobilidade da barra, direcionamento e formato do jorro, a fim de minimizar o efeito negativo em plantios mais espaçados, de tal forma que diminua a distância entre a barra e as plantas e assim, minimizar o risco de perda por deriva e evaporação além de melhorar a distribuição nas profundidades mais internas das plantas. Junto a isso, a utilização de menores volumes de calda poderia aumentar o rendimento operacional do equipamento com o ônus de maior economia aliado ao menor risco de contaminação do aplicador e do ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D.C. (ed.) **Fungicide: An advanced treatise**. Academic Press, New York, 1967. p. 239-86.

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.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; FOUQUET, O. Reducing spray volume for the control of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 491 - 498, 2015.

FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L. Tecnologia de aplicação de herbicidas. In: SILVA, A. A; SILVA, J. F. da. (eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV, Viçosa, MG. p. 325-367, 2009.

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, 2013.

FONTES, L. O. **Desempenho operacional de pontas de pulverização para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do melão**. 2012, 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

FREITAS F.C.L., TEIXEIRA, M.M., FERREIRA, L.R., FERREIRA, F.A., MACHADO, A.F.L., VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização Turbo Teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v.23, n. 1, p.161 - 167, 2005.

HERBICAT. **Qualidade em pulverização**. Disponível em: <http://www.herbicat.com.br/conteudo/safra-de-cafe-em2016-deve-ser-a-segunda-maior-da-historia.html>. Acesso em: 10 fev. 2016.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISSO 5682-1: Equipment for crop protection. Spraying equipment. Pt. 1: Test methods for sprayer nozzles**. Geneva, 1996. 17 p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 3. Ed, Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MATUO, T.; PIO, C. L.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **Curso de especialização por tutoria a distância – proteção de plantas**. Módulo 02, 2001, Brasília. 71 p.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

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. spe, p. 56-65, 2007.

SANTIAGO, H. **Pulverização aérea com adição de adjuvante para o controle da lagarta falsa medideira (*Pseudoplusia includens*)**. 2013, 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

TEEJET. **Catálogo de produtos 50 A-P**. Wheaton, Spraying Systems Co. 2008. 192p.

TIBURCIO, R. A. S. **Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de brotações na reforma de eucalipto**. 2014, 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas em café. In: ZAMBOLIM, I.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade**. UFV, Viçosa, 2010, p. 165-218.

ZAMBIANCO, E. C. **Avaliação da qualidade de pulverização em plantas de tomate utilizando diferentes pontas**. 2013. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de sistemas agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais benefícios técnicos e econômicos do atomizador estão relacionados com o princípio pneumático de formação das gotas, onde o fluxo de ar gerado pelo equipamento além de produzir espectro mais homogêneo, possui a capacidade de transportá-las em direção ao alvo de interesse. Essa condição permite melhor distribuição da calda com o conveniente de utilizar menores volumes de calda o que torna favorável ao aumento da eficiência no controle e com maior rendimento operacional comparado aos pulverizadores tradicionais.

No protótipo foguetinho, os benefícios à segurança do aplicador são propostos pelo fabricante e estão relacionados ao posicionamento do mesmo à frente da barra porta bicos e ao caminhamento realizado no momento da aplicação. Esse posicionamento permite que o produto seja aplicado após a passagem do aplicador o que, segundo o fabricante, diminui o risco de contato com a nuvem formada após a pulverização diminuindo assim, o grau de exposição. Entretanto, esse equipamento ainda precisa ser melhor avaliado quanto aos benefícios propostos, a fim de garantir e/ou proporcionar condições melhores e mais seguras para utilização do equipamento, assim como novos ajustes nas pontas de pulverizações e pressões de trabalho para melhorar a cobertura da parte mais interna do dossel do cafeeiro.

A melhor distribuição proporcionada pelo atomizador nas diferentes profundidades das plantas, sugerem melhor eficiência de uso em aplicações de produtos com ação de contato, quando comparado ao foguetinho. Este, por sua vez, permitiu maior homogeneidade de deposição na extensão vertical das plantas, eliminando o efeito negativo da movimentação desordenada das barras nos equipamentos tradicionais, costal manual e estacionário com lança. Todavia ainda precisa de melhores ajustes para melhorar a deposição interna.