

RAFAEL DA SILVA FELIPE

**EFICIÊNCIA DOS PULVERIZADORES PNEUMÁTICO COSTAL  
MOTORIZADO E DO HIDRÁULICO COM BARRA PORTA-BICOS  
VERTICAL NA CULTURA DO TOMATEIRO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

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

T

F315e  
2017

Felipe, Rafael da Silva, 1985-

    Eficiência dos pulverizadores pneumático costal motorizado  
e do hidráulico com barra porta-bicos vertical na cultura do  
tomateiro / Rafael da Silva Felipe. – Viçosa, MG, 2017.  
    vii, 51f. : il. ; 29 cm.

    Orientador: Lino Roberto Ferreira.

    Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

    Inclui bibliografia.

    1. Equipamento de pulverização - Avaliação.

    I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
    Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

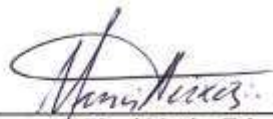
CDD 22 ed. 631.3

RAFAEL DA SILVA FELIPE

**EFICIÊNCIA DOS PULVERIZADORES PNEUMÁTICO COSTAL  
MOTORIZADO E DO HIDRÁULICO COM BARRA PORTA-BICOS  
VERTICAL NA CULTURA DO TOMATEIRO**

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

APROVADA: 03 de março de 2017.



Mauri Martins Teixeira  
(Coorientador)



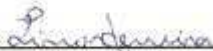
Aroldo Ferreira Lopes Machado



Douglas Ferreira Parreira



Gustavo Antônio Mendes Pereira



Lino Roberto Ferreira  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me conceder a honra de estar no meio de pessoas tão maravilhosas.

Aos meus pais, José Lucio Felipe e Natividade Bhering da Silva Felipe.

Ao meu irmão José Paulo Felipe e minha cunhada Cristiane, pelo incentivo em todos os momentos.

A minha noiva Elaine, pelo apoio, carinho, pelo incentivo, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, por tornar possível a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo no país.

Ao meu amigo e orientador prof. Lino Roberto Ferreira, pelos conselhos, pela, confiança, pela amizade, pelo incentivo e pela orientação no desenvolvimento desta tese e de minha formação acadêmica.

Aos Co-orientadores prof. Mauri Martins Teixeira e prof. Francisco Claudio Lopes de Freitas pelas valiosas contribuições e sugestões.

Ao prof. Aroldo Ferreira Lopes Machado e pós doutorandos Douglas Ferreira Parreira e Gustavo Antônio Mendes Pereira pela amizade e participação na Banca Examinadora.

Ao amigo Miler Machado pelos conselhos, que contribuíram na execução e avaliação do trabalho.

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

Aos amigos da Universidade Federal de Viçosa pela ajuda, paciência e companheirismo durante o curso.

Agradeço a todos que de alguma maneira estiveram envolvidos em minha vida.

## **BIOGRAFIA**

RAFAEL DA SILVA FELIPE, filho de José Lucio Felipe e Natividade Bhering da Silva Felipe, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 29 de Setembro de 1985.

Em 2006, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2011.

Em julho de 2012, concluiu o curso de pós-graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa.

Em novembro de 2012, ingressou no curso de Doutorado na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em março de 2017.

## RESUMO

FELIPE, Rafael da Silva Felipe, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2017. **Eficiência dos pulverizadores pneumático costal motorizado e do hidráulico com barra porta-bicos vertical na cultura do tomateiro.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Coorientadores: Mauri Martins Teixeira e Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar a qualidade da pulverização de dois pulverizadores, pneumático costal motorizado (Atomizador) e pulverizador hidráulico com barra porta bicos vertical (“Foguetinho”), para aplicação de produtos fitossanitários em tomateiro. Foram realizados dois experimentos em condições de campo e dois em laboratório onde avaliou-se densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição de calda no alvo, em aplicações com diferentes volumes de calda com um atomizador costal (modelo Guarany) motorizado com ponta dosadora e um pulverizador estacionário com a barra vertical com seis pontas XR11001 na cultura do tomateiro.

No primeiro, em laboratório, avaliou-se o espectro de gotas produzido pelos equipamentos com auxílio do analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co). No segundo, conduzido em campo, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação (400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>), nas subparcelas as alturas (terços superior, médio e inferior da planta) e nas subdivididas, as profundidades (externa, intermediária e interna) das plantas de tomateiro, no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Etiquetas de papel hidrossensível foram fixadas na face adaxial da folha em diferentes posições do tomateiro. Logo após a pulverização com água mais corante azul brilhante essas etiquetas foram retiradas, digitalizadas por meio de scanner HP Scanjet G4050 na resolução de 600 dpi e as imagens analisadas pelo software Image Tool 3.0 para determinação da densidade de gotas e porcentagem de cobertura. Para quantificar deposição de calda na folha ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), ou seja, a quantidade do produto retido no alvo, coletou-se quatro folíolos de cada ponto especificado (terço e profundidade) e após serem lavadas, determinou-se as absorvâncias das soluções por espectrofotometria de absorção molecular. Com a barra em V, o aumento do volume de calda, por meio do elevação da pressão de trabalho, resultou em aumento na densidade de gotas, mas sem alteração da deposição e da cobertura. Com o atomizador, os três volumes de calda avaliados não influenciaram a deposição nos terços superior e inferior das plantas de tomateiro, sendo que no terço médio a deposição foi maior com 560 L ha<sup>-1</sup>. Os pulverizadores avaliados apresentam potencial uso na

aplicação de inseticidas e fungicidas, no entanto, ainda são necessários estudos complementares para avaliar a eficiência de controle de pragas e doenças do tomateiro.

## ABSTRACT

FELIPE, Rafael da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2017. **Efficiency of motorized costal pneumatic and hydraulic sprayers with vertical nozzle bar in tomato crop.** Advisor: Lino Roberto Ferreira. Co-advisors: Mauri Martins Teixeira and Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

The aim of this work was to evaluate the spray quality of two sprayers, a motorized pneumatic bag (Atomizer) and a stationary hydraulic sprayer with vertical nozzle bar ("Foguetinho"), for the application of phytosanitary liquids in tomatoes plants. Two experiments were carried out under field conditions and two in the laboratory. The density of droplets, percentage of coverage and deposition of liquid in the target were evaluated in applications with different volumes of syringe with a costal spray (Guarany model) motorized with metering tip and stationary sprayer with the XR11001 six tip vertical bar in tomato culture. In the first one was evaluated, in the laboratory, the spectrum of drops produced by the equipments with the aid of the particle analyzer in real time (Spraytech, Malvern Instruments Co). In the second, conducted in the field, in the scheme of subsub-plotted plots, the plots were the application volumes (400, 480 and 560 L ha<sup>-1</sup>), the subplots were the heights (upper, middle and lower thirds of the plant) and subsubplots were the depths (external, intermediate and internal) of tomato plants, in a randomized block design with four replications. Hydrosensitive paper labels were fixed on the adaxial side of the leaf at different positions of the tomato plants. After spraying with water plus bright blue dye these labels were removed, scanned using the HP Scanjet G4050 scanner at 600 dpi resolution, and the images were analyzed by Image Tool 3.0 software for determination of droplet density and percentage coverage. To quantify liquid deposition in the leaf ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), i.e. the amount of the liquid retained in the target, four leaflets were collected from each specified point (third and depth) and after washing, the absorbances of the solutions were determined by molecular absorption spectrophotometry. With the V-bar, the increase in the volume of the liquid, by increasing the working pressure, resulted in an increase in droplet density, but with no change in deposition and coverage. With the atomizer, the three volumes of liquid evaluated did not influence the deposition in the upper and lower thirds of the tomato plants, and in the middle third the deposition was higher with 560 L ha<sup>-1</sup> application volume. The evaluated sprays have potential use in the application of insecticides and fungicides, however, further studies are still needed to evaluate the efficiency of pest control and diseases of tomato plants.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
Eficiência de diferentes volumes de calda aplicados com pulverizador hidráulico de barra vertical na cultura do tomateiro .....	4
Resumo.....	4
Abstract .....	5
Introdução .....	6
Material e métodos.....	7
Resultados e discussão .....	14
Conclusões .....	23
Referências Bibliográficas .....	24
Eficiência de diferentes volumes de calda aplicados com pulverizador pneumático costal motorizado (atomizador) na cultura do tomateiro.....	27
Resumo.....	27
Abstract .....	28
Introdução .....	29
Material e métodos.....	30
Resultados e discussão .....	36
Conclusões .....	48
Referências Bibliográficas .....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50

## INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma cultura de grande importância econômica e social. Essa hortaliça ocupa o segundo lugar em produção, no Brasil, sendo superada apenas pela batata (Santos, 2009).

O tomateiro é suscetível a diversas pragas e doenças, que reduz o potencial produtivo da cultura, podendo alcançar níveis de danos econômicos capazes até de inviabilizar o cultivo, sendo por isso imprescindível o controle eficiente das mesmas. Uma das alternativas para o controle de pragas e doenças é o uso de agrotóxicos, que quando usados corretamente, permitem maior eficiência e economia. Todavia se usados de maneira inadequada, podem causar contaminação do ambiente, do consumidor e dos trabalhadores envolvidos na aplicação (Viana et al., 2010).

Para a correta utilização dos defensivos agrícolas, é fundamental definir o alvo biológico que pode estar localizado em diferentes posições na planta. Além de conhecimentos acerca das características do agrotóxico 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).

O sucesso na utilização de defensivos agrícolas é totalmente dependente da qualidade das pulverizações. A aplicação de defensivos muitas vezes é realizada sem critérios técnicos em relação a quantidade de produto químico recomendada, condições climáticas no momento da aplicação e, também, tipo de pulverizador utilizado na aplicação. Isso, com certeza implica, em problemas financeiros e ambientais. A tecnologia de aplicação é de grande importância, pois os produtos aplicados devem atingir de forma satisfatória o agente que se deseja controlar, dependendo, assim, da técnica empregada (Zambolim et al., 2003).

Na cultura do tomateiro, a arquitetura do dossel e a densidade foliar constituem-se grandes entraves nas aplicações dos produtos, pois dificultam a distribuição homogênea da calda entre as partes externas e internas do dossel. A dificuldade de acertar o alvo 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 consumidores e do ambiente (Matuo et al., 2001).

A falta de informações sobre a tecnologia de aplicação, associada ao baixo nível de instrução do operador, acaba resultando em baixa capacidade operacional e reduzida eficiência, influenciando negativamente a eficiência no controle de pragas e doenças. Não satisfeitos com o resultado das aplicações, muitos agricultores tomam a decisão de aumentar a dose do produto químico, volume de calda e/ou número de aplicações, o que tem elevado o resíduo nos frutos com sérios problemas para o consumidor, desequilíbrios e contaminações ambientais, além de maior risco de contaminação do aplicador (Ramos; Pio, 2008). Na cultura do tomateiro a forma tradicional de aplicação de produtos fitossanitários é, por meio de pulverizadores, dotados de pontas de pulverização hidráulicos ou atomizadores, tendo como alternativa os tradicionais pulverizadores costais, manual e motorizado, ou os estacionários com lanças acopladas.

Além dos agricultores disporem de poucos modelos de pulverizadores para aplicação de defensivos no tomateiro, são poucos os estudos avaliando a eficiência na aplicação utilizando os pulverizadores hidráulicos e atomizadores. 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.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade da aplicação (densidade de gotas, % de cobertura e deposição de calda em diferentes posições do dossel de plantas de tomateiro) de dois modelos de pulverizadores, o pulverizador pneumático costal motorizado (atomizador) e pulverizador hidráulico modelo foguetinho, em diferentes volumes de calda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

SANTOS, F. F. B. Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao Tomato yellow vein streak virus (ToYVSV). 2009. 75f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós-Graduação – IAC.

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

ZAMBOLIM, L. et al. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. 376b

## **Eficiência de diferentes volumes de calda aplicados com pulverizador hidráulico de barra vertical na cultura do tomateiro**

### **Resumo**

Assim, objetivou-se, avaliar a densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição de gotas, em aplicações com volumes crescentes de calda na cultura do tomateiro. Conduziu-se dois experimentos, um em laboratório e o outro em campo. Em campo o experimento foi conduzido em esquema de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação (400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>), nas subparcelas as alturas (terços superior, médio e inferior da planta) e nas subsubparcelas, as profundidades (externa, intermediária e interna) das plantas de tomate. Em laboratório, avaliou-se o espectro de gotas produzido pela ponta XR11001 submetida a três pressões de trabalho (200, 300 e 400 kPa) por meio de analisador de partículas a laser em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.) Para análise do padrão de cobertura e densidade das gotas, foi realizada a coleta das gotas em etiquetas de papel hidrossensível, fixadas na face adaxial da folha, sendo a cobertura quantificada pela porcentagem de área coberta pelas gotas e a densidade populacional expressa em gotas cm<sup>-2</sup>. O estudo de deposição foi realizado analisando-se a distribuição de um traçador (corante azul brilhante) ao longo do dossel, pela técnica da espectrofotometria. O aumento do volume de calda por meio da elevação da pressão de trabalho resultou em aumento na densidade de gotas, mas não alterou a deposição e a cobertura. O pulverizador hidráulico com barra tipo foguetinho atende as necessidades da pulverização na cultura do tomateiro. Estudos complementares de cobertura e deposição de calda, utilizando o foguetinho, são ainda necessários para avaliar a eficiência de controle de pragas e doenças no tomateiro.

**Palavras-chave:** cobertura, densidade de gotas e deposição de calda

## **Efficiency of different volumes of liquid applied with vertical bar hydraulic sprayer in tomato crop**

### **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the density of droplets, percentage of cover and droplet deposition in applications with increasing volumes of liquid in the tomato crop. Two experiments were carried out under field conditions and two in the laboratory. The field experiment was conducted in the sub-sub-split plots scheme, the plots were represented by the application volumes (400, 480 and 560 L ha<sup>-1</sup>), the subplots were represented by the heights (upper, middle and lower thirds of the plant) and sub-subplots, the depths (external, intermediate and internal) of tomato plants. In the laboratory were evaluated the spectra of drops produced by the XR11001 tip subjected to three working pressures (200, 300 and 400 kPa) by a real-time laser particle analyzer (Spraytech, Malvern Instruments Co.). For the analysis of the cover pattern and density of the droplets, the droplets were collected on water-sensitive paper labels, fixed to the adaxial face of the leaf, the coverage was quantified by the percentage of area covered by the droplets and the population density was expressed as cm<sup>-2</sup> drops. The deposition study was performed by analyzing the distribution of a tracer (bright blue dye) along the canopy, using the spectrophotometry technique. Increasing the volume of the liquid by raising the working pressure resulted in an increase in droplet density but did not change the deposition and coverage. The hydraulic sprayer with the “foguetinho” type bar meets the needs of spraying in the tomato crop. Complementary cover and deposition studies using the rocket are still necessary to evaluate the efficiency of pest and disease control in tomato plants.

**Keywords:** coverage, droplet density and liquid deposition

## 1. Introdução

Um dos problemas no cultivo do tomateiro é o ataque de pragas e doenças que se localizam em diferentes partes da planta, ocorrendo desde a sementeira, passando pelas diversas fases da cultura até a época de colheita dos frutos (Moura, et al., 2014). Isso faz com os produtores apliquem vários defensivos agrícolas ao longo do ciclo da cultura, muitas vezes com baixa eficácia de controle.

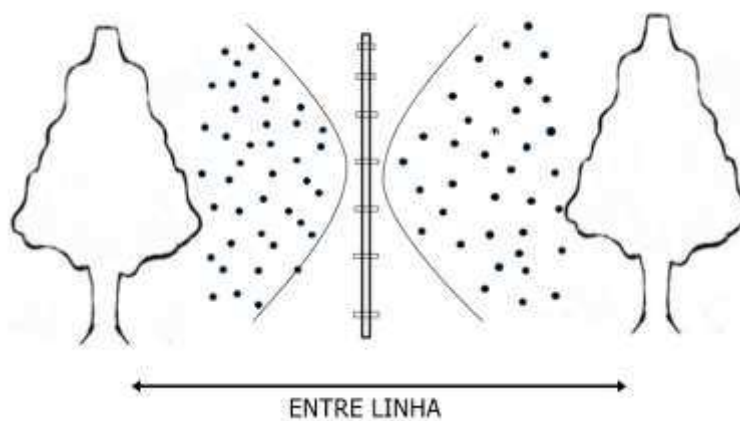
A baixa eficácia de controle dos defensivos quase sempre está relacionada a problemas na tecnologia de aplicação. Em virtude da baixa eficácia de controle, muitos produtores aumentam o volume de calda e a dose do defensivo, aumentando o custo de produção e contaminação ambiental (Pai et al., 2008). A eficácia no tratamento não depende somente do produto e sim de vários fatores que influenciam a qualidade da pulverização, tais como: ponta de pulverização, pressão de trabalho, ângulo de pulverização e volume de calda (Matthwes, 2004).

Para obter aplicação eficiente é essencial que o produto atinja o alvo de forma adequada, minimizando as perdas por deriva e evaporação. Para isso, é necessário boa cobertura foliar e uniformidade de distribuição da calda ao longo do dossel da planta. Deve-se colocar o ingrediente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma eficiente e mais econômica possível e com mínimo de contaminação ambiental (Matthwes, 2002).

Na cultura do tomateiro é prática comum aplicar volumes de calda superiores a  $800 \text{ Lha}^{-1}$ . No entanto, existe tendência de redução do volume aplicado, visando diminuir os custos de aplicação e aumento da eficiência da pulverização (Silva, 1999). A redução do volume de calda demanda aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação utilizada em campo (Cunha et al., 2005). Elevados volumes de calda implicam em menor capacidade operacional dos pulverizadores. No entanto, Cross et al., (2001) afirmam que, alto volume de calda, aplicado com gotas de pequeno diâmetro, são bastante eficazes no controle de doenças. Porém, deve-se ficar atento, ao uso do volume excessivo, que poderá resultar em escorrimento da calda, que acaba por atingir o solo promovendo contaminação do solo e água.

Dentre os equipamentos utilizados para aplicar defensivos no tomateiro, destacam-se os tipos estacionários. Nestes pulverizadores o tanque e a bomba não são carregados pelo aplicador durante a aplicação. Uma modificação no pulverizador estacionário vem sendo desenvolvida e testada. Esse modelo consiste numa barra vertical que possibilita o aplicador realizar a aplicação para os dois lados (Figura 1). Somente com uma passada

pulveriza-se duas faces uma de cada linha de plantio. As vantagens desse equipamento são a redução dos riscos de contaminação, maior capacidade operacional e uniformidade de distribuição.



**Figura 1** - Esquema de aplicação nas entre linhas de plantio

Na avaliação da qualidade da pulverização é imprescindível coletar, medir e avaliar a penetração das gotas no dossel para determinar a porcentagem de cobertura, deposição e densidade de gotas nas folhas ou em outras partes da planta (Barry, 1993).

Segundo Farooq et al., (2001); Yu et al. (2009) o conhecimento sobre deposição de gotas e cobertura de calda pulverizada é essencial para avaliação da eficiência da aplicação no campo e, também, para reduzir possíveis falhas no controle e contaminação ambiental.

Assim, objetivou-se, avaliar a densidade de gotas, porcentagem de cobertura e deposição de gotas, em aplicações com volumes crescentes de calda na cultura do tomateiro.

## 2. Material e métodos

Antes da instalação do experimento a campo, foram realizados testes preliminares no Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa através dos quais escolheu-se a ponta XR11001 nas pressões de trabalho de 200, 300 e 400 kPa, caracterizando os espectros de gotas produzidos pela ponta nas diferentes pressões.

As pontas de pulverização foram montadas individualmente em um pulverizador estacionário constituído por um depósito de 20 L, bomba hidráulica de pistão com vazão nominal entre 8 e 11 L min<sup>-1</sup> e pressão máxima de 3.516 kPa, acionada por um motor elétrico com potência de 1,5 kW. A regulagem da pressão de trabalho foi realizada

manualmente usando um sistema de controle da vazão constituído por manômetro e válvula de retorno. O espectro de gotas produzido em cada pressão de trabalho foi obtido utilizando-se de um analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.), equipado com lente focal de 750 mm. A análise se baseia na difração da trajetória da luz ao chocar com as gotas, capaz de contabilizar gotas com diâmetro de 0,10 a 2.500  $\mu\text{m}$ . Após a instalação de cada ponta, colocou-se o sistema hidráulico em funcionamento até que o fluxo do líquido se estabilizasse à pressão desejada. As leituras foram efetuadas com a ponta posicionada a 0,40 metros do feixe óptico, movendo-a no sentido transversal ao jato, de modo à permitir a leitura das gotas formadas ao longo do mesmo, utilizando-se água pura na temperatura ambiente, conforme Camara et al. (2008), Cunha et al. (2010) e Alvarenga (2012). Com base no espectro de gotas produzidos pelas pontas de pulverização nas diferentes pressões, determinou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferiores a 100; entre 100 a 200, entre 200 a 300, entre 300 a 450 e superiores a 500  $\mu\text{m}$ .

O estudo em condições de campo foi conduzido no município de Coimbra-MG, em lavoura comercial de tomate (cultivar Aguamiel), com irrigação localizada por gotejamento.

O clima da região é classificado, segundo Koppen, como tropical de altitude, com precipitação pluvial média de 1.200 mm e temperatura média anual de 19 °C. O sistema de cultivo utilizado foi o vertical com bambu, em que as plantas foram tutoradas verticalmente e conduzidas com uma haste, no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas (Figura 2). Por ocasião das avaliações, as plantas encontravam-se com altura média de 1,69 m e largura de copa média de 0,55 m.



**Figura 2** – Vista da área experimental por ocasião da aplicação dos tratamentos

As pulverizações foram realizadas utilizando um pulverizador hidráulico, marca YAMAHO®, modelo S-12, acionado por motor da marca Branco® modelo B2T-3.5 monocilíndrico, 2 tempos a gasolina de 4.3 cv (Figura 3), equipado com barra porta bicos na vertical (modelo Foguetinho) da marca Herbicat (Figura 4), de 2 m de altura, com três seções, cada uma com duas pontas XR11001, dispostas de forma oposta para pulverizar duas fileiras de tomate, espaçadas de 0,50 m entre si. A barra de pulverização foi posicionada de forma que as pontas de pulverização se posicionassem a aproximadamente 0,45 m do alvo.

Nesse pulverizador o tanque e a bomba ficaram estacionados sendo que o aplicador carregava apenas a barra com bico que era acoplada a uma mangueira. A calda foi armazenada em um depósito de 200 L e conduzida até a barra através de uma mangueira de 40 m de comprimento.



**Figura 3** - Pulverizador hidráulico



**Figura 4a.** Barra porta bicos (1), sessão com 2 bicos (2), alça de manobra (3), suporte de fixação com alças (4), registro (5), suporte de sustentação (6) e filtro de linha (7). **Figura 4b:** detalhe da acoplação do equipamento

A escolha dos volumes de aplicação ( $L ha^{-1}$ ) foram determinados com base no TRV (Tree Row Volume) médio de copa das plantas de tomate e nos índices volumétricos recomendados para pulverização (Virginia, 1989) (Tabela 1). Foram avaliados três índices volumétricos de 50, 60 e 70  $L m^3 ha^{-1}$ , que correspondem aos volumes de aplicação (400, 480 e 560  $L ha^{-1}$ ),

Antes da pulverização mediu-se o volume do dossel do tomateiro. Este volume foi baseado no método TRV. Nesse método, a determinação do volume de calda para pulverização é baseada no volume da parte aérea da vegetação existente na área, ou seja, um volume predeterminado em função do volume de vegetação existente em uma área correspondente a um hectare.

O volume de vegetação (TRV) consistiu na medição da arquitetura das plantas de tomate na área (Equação 01).

$$TRV = \frac{H L 10000}{D} \quad \text{Equação (1)}$$

onde

TRV = volume dos dosséis das plantas ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ );

H = altura do dossel (m);

L = largura do dossel (m);

D = distância entre linhas de plantio (m).

A partir dos valores de TRV e os Índices Volumétricos (IV), os volumes de pulverização foram calculados conforme Equação 2:

$$Q = \frac{\text{TRV} \cdot \text{IV}}{1000} \quad \text{Equação (02)}$$

onde

IV= índice de volume de pulverização ( $\text{L } 1000 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ );

Q= volume de pulverização ( $\text{L ha}^{-1}$ ); e,

TRV= volume de vegetação ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ).

**Tabela 1.** Índice volumétricos recomendados para diferentes volumes de pulverização para culturas arbóreas

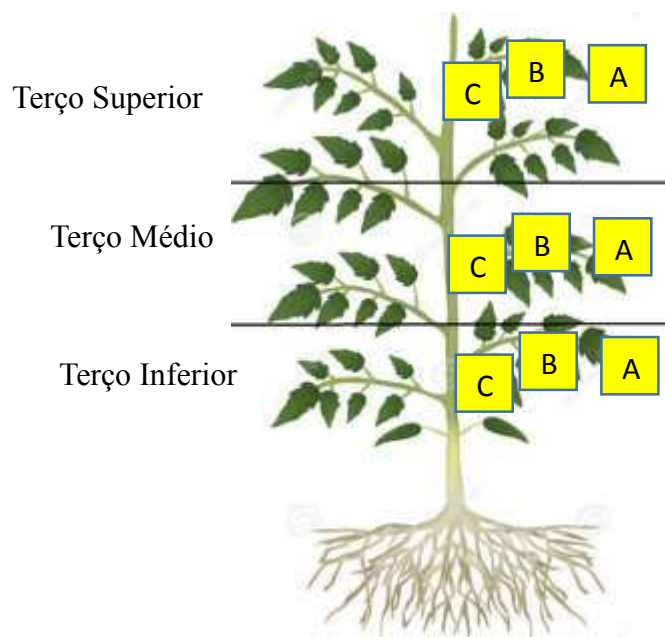
<b>Volume de pulverização</b>	<b>Índice Volumétrico (<math>\mu\text{L m}^{-3}</math> Vegetação)</b>
Muito Alto	120
Alto	100
Médio	70
Baixo	50
Muito Baixo	30
Ultra Baixo	10

Fonte: Virginia Cooperative Extension Service (1989).

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação ( $400, 480$  e  $560 \text{ L ha}^{-1}$ ), nas subparcelas as alturas (terços superior, médio e inferior da planta) e nas subsubparcelas, as profundidades A (externa), B (intermediária) e C (interna) das plantas de tomateiro. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de vinte e cinco metros de comprimento, espaçadas de  $1,0 \text{ m}$  e  $0,5 \text{ m}$  entre plantas.

Durante a aplicação, a temperatura oscilou entre 25,2 e 28,1°C, a velocidade do vento ficou entre 3,5 e 4,4 m s<sup>-1</sup>, e a umidade relativa entre 75 e 79%.

Para avaliar a deposição das gotas, nove etiquetas de papel hidrossensíveis foram distribuídas no dossel do tomateiro, sendo fixadas às plantas por meio de clipe metálico na superfície adaxial da folha, uma etiqueta em cada ponto especificado (terço e profundidade) (Figura 5).



**Figura 5** - Disposição das etiquetas visando a avaliação da deposição de gotas.

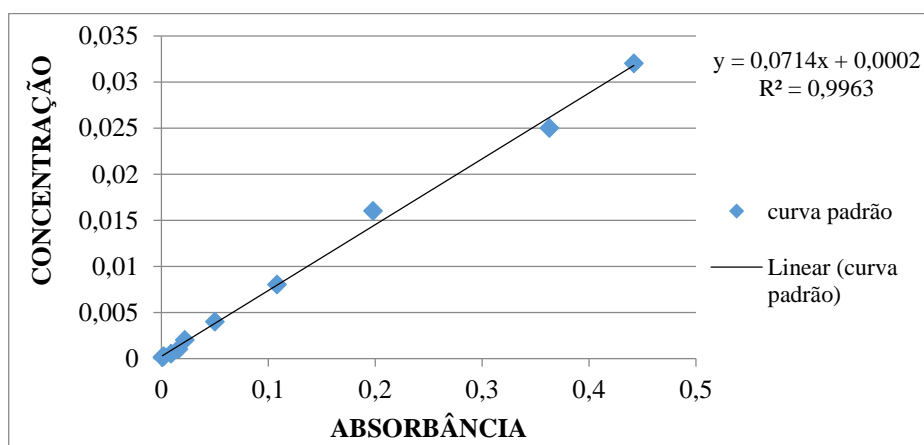
Após a aplicação as etiquetas foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório e digitalizadas em *scanner* com resolução de 600 dpi para posterior análise da porcentagem de área coberta pelas gotas e densidade de gotas no software “Image Tool” versão 3.0.

Para a avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização nas folhas do tomateiro, sob diferentes volumes de calda, foi utilizado o corante alimentício azul brilhante como substância marcadora (Palladini et al., 2005) em solução aquosa (3.000 mg L<sup>-1</sup>). Após a pulverização de cada tratamento, foram coletados quatro folíolos de cada ponto especificado (terço e profundidade) e colocados, individualmente, em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica de poliestireno expandido. No momento do preparo das caldas de cada tratamento, uma amostra foi retirada para a calibração do espectrofotômetro em diferentes concentrações conhecidas (mg L<sup>-1</sup>) do traçador.

As amostras foram analisadas no laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Em cada amostra foi adicionado 20 ml de água destilada, mantendo-a sob agitação por 30 segundos para a remoção corante depositado na superfície dos folíolos.

Após a extração do corante dos folíolos, a solução resultante foi analisada em espectrofotômetro Coleman® (D 33) para medir a sua absorvância, no comprimento de onda de 630 nm (faixa de detecção do corante alimentício azul brilhante), de acordo com Palladini et al. (2005).

Para a determinação da concentração do corante na amostra em  $\text{mg L}^{-1}$  foi elaborada uma curva de calibração, obtida por meio da leitura da absorvância no espectrofotômetro, de concentrações conhecidas do corante, obtidas a partir de diluições da calda aplicada a campo (Figura 6).



**Figura 6** - Curva de calibração do corante alimentício azul brilhante obtida através da absorvância a partir da diluição da calda aplicada na cultura do tomateiro.

A partir da reta obtida, determinou-se a equação de regressão  $y = 0,0714x + 0,0002$ , que possibilitou transformar os valores obtidos no espectrofotômetro em valores em  $\text{mg L}^{-1}$  do corante que foi depositado nas folhas do tomateiro analisadas.

Através da equação 3 foi realizada a transformação dos depósitos em microlitro ( $\mu\text{L}$ ).

$$C_i V_i = C_f V_f \quad \text{Equação (3)}$$

onde

$C_i$  – concentração do corante na amostra, ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V_i$  – volume capturado pelo alvo, ( $\mu\text{L}$ )

$C_f$  – concentração de corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvância, ( $\text{mg L}^{-1}$ );

Vf – volume de diluição da amostra, ( $\mu\text{L}$ ).

A partir da concentração do corante na calda e do volume de diluição da amostra foi possível determinar o volume de calda capturado pelo alvo.

Após a remoção do corante dos folíolos, foi realizada a medição de área foliar em  $\text{cm}^2$  em integrador de bancada Licor Equipamentos® 3100. A partir dessas informações foi realizada a divisão do depósito total correspondente ao volume retido pela folha, obtendo-se a quantidade de produto depositado ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha).

Os dados relativos à densidade de gotas, cobertura e deposição de calda foram submetidos ao teste F e, em caso de significância, comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2002).

### 3. Resultados e discussão

Verifica-se no ensaio em laboratório que em todas as pressões e volumes de calda utilizados a pulverização foi considerada muito fina e que o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) reduziu com o aumento da pressão de trabalho (Tabela 2). Observa-se que houve aumento da percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100; 150 e 200  $\mu\text{m}$  com o aumento da pressão de trabalho (Tabela 3).

**Tabela 2** – Características operacionais da ponta XR 11001 em diferentes pressões de trabalho

<b>Ponta de Pulverização</b>	<b>Pressão (kPa)</b>	<b>Volume (<math>\text{Lha}^{-1}</math>)</b>	<b>DMV (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Classificação Gotas</b>
<b>XR110-01</b>	200	400	125,4	Muito Fina
	300	480	114,4	Muito Fina
	400	560	104,1	Muito Fina

**Tabela 3** - Percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetros inferiores a 100; entre 100 a 200, entre 200 a 300, entre 300 a 500 e superiores a 500  $\mu\text{m}$  observados por meio do analisador a laser de gotas em tempo real, em de diferentes pressões de trabalho

Pressão (kPa)	Diâmetro <100 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 100 e 200 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 200 e 300 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 300 e 450 $\mu\text{m}$	Diâmetro > 500 $\mu\text{m}$
200	32,14	52,71	10,39	4,65	0
300	38,78	50,75	8,45	0,53	0
400	46,50	45,19	6,38	0,25	0

Considerando a densidade de gotas, observa-se que houve interação dupla (terço x profundidade) e efeito simples para os fatores volume e profundidade (Tabela 4).

**Tabela 4:** Resumo da análise de variância para densidade de gotas, em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

FV	GL	Quadrado Médio
<b>Bloco</b>	3	148,22922 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	38855,33 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	735,02
<b>Terço (T)</b>	2	1161,3 <sup>ns</sup>
<b>Volume x Terço</b>	4	1229,24 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (b)</b>	18	2493,10
<b>Profundidade</b>	2	10377,11 <sup>**</sup>
<b>Volume x Profundidade</b>	4	2623,83 <sup>ns</sup>
<b>Terço x Profundidade</b>	4	6443,88 <sup>*</sup>
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	2057,94 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (c)</b>	54	1750,76
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	12,74
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	23,46
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	19,66

\* F significativo a 5%; \*\* F significativo a 1% de probabilidade.

Nos terços superior e médio não houve diferença na densidade de gotas independente da profundidade avaliada (Tabela 5). No terço inferior a maior densidade de gotas foi observada na profundidade externa. Embora nas profundidades intermediária e interna a densidade de gotas tenha sido menor, os valores observados estão adequados

para a pulverização de fungicidas sistêmicos e de contato, conforme recomendações de Ozeki e Kunz (1998), que preconizam densidade de 30 a 50 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas sistêmicos e acima de 70 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas protetores.

Quando se comparam os terços dentro de cada profundidade avaliada (Tabela 5), observou-se que nas profundidades intermediária e interna não houve diferença para densidade de gotas, independentemente do terço avaliado, enquanto que na profundidade externa, o terço inferior apresentou a maior densidade de gotas.

**Tabela 5-** Densidades de gotas  $\text{cm}^{-2}$  na face adaxial das folhas de tomate, nos terços superior, médio e inferior do dossel, em três profundidades

Terço	PROFUNDIDADE		
	Externa	Intermediária	Interna
<b>Superior</b>	206,30bA	222,22aA	195,93aA
<b>Médio</b>	220,96abA	222,30aA	190,34aA
<b>Inferior</b>	262,04aA	193,06aB	201,76aB

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

Notou-se aumento na densidade de gotas  $\text{cm}^{-2}$  com o incremento do volume aplicado (Tabela 6). Como nesse estudo, os diferentes volumes de calda de pulverização foram obtidos por meio da variação de pressão de trabalho, o aumento da pressão reduziu o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) das gotas produzidas (Tabela 2). Assim, a associação entre gotas menores e maior volume aplicado também favorece o aumento na densidade de gotas.

**Tabela 6 -** Densidade de gotas  $\text{cm}^{-2}$  na face adaxial das folhas de tomate, em função dos volumes de pulverização

Volume de aplicação (L $\text{ha}^{-1}$ )	Densidade (gotas $\text{cm}^{-2}$ )
<b>400</b>	180,25c
<b>480</b>	212,30b
<b>560</b>	245,95a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como já comentado anteriormente no ensaio de laboratório (Tabela 2), o espectro de gotas nas três pressões utilizadas foi caracterizado como muito fino. Nesse tipo pulverização as gotas possuem menor velocidade de queda e maior deslocamento horizontal, podendo apresentar maior poder de penetração no dossel do tomateiro. Segundo Antuniassi e Baio (2008) para se atingir melhor cobertura no interior do dossel deve trabalhar com gotas finas, todavia deve-se ficar atento ao problema de deriva que também aumenta nessa situação. Maior densidade de gotas pode ser obtida com incremento de pressão que aumenta o volume pulverizado e diminui o tamanho das gotas. Cross et al. (2001) observaram que, gotas de pequeno diâmetro proporcionaram maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo. Maziero et al. (2006), estudando os volumes de aplicação de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>, observaram aumento da densidade de gotas principalmente na parte mediana e inferior do dossel das plantas de soja com o incremento do volume aplicado. Todavia, deve-se ressaltar que gotas finas e muito finas estão mais sujeitas à deriva, podendo se perder no trajeto, reduzindo assim a taxa de recuperação, que pode resultar em redução na densidade de gotas e principalmente, no volume depositado no alvo.

Considerando a porcentagem de cobertura, verifica-se significância para a interação tripla, volumes de calda aplicados, terços da planta e as profundidades (Tabela 7).

**Tabela 7** - Resumo da análise de variância para a porcentagem de cobertura na folhagem do tomateiro, em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Bloco</b>	3	51,31 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	130,54 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	28,08
<b>Terço (T)</b>	2	819,19 **
<b>Volume x Terço</b>	4	59,71 *
<b>Resíduo (b)</b>	18	18,51
<b>Profundidade</b>	2	285,62 **
<b>Volume x Profundidade</b>	4	46,35
<b>Terço x Profundidade</b>	4	105,70 *
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	127,86 **
<b>Resíduo (c)</b>	54	41,22
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	17,09
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	18,88
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	28,02

\* F significativo a 5%; \*\* F significativo a 1% de probabilidade.

No volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, a porcentagem de cobertura nos terços superior e inferior foi semelhante nas três profundidades avaliadas, enquanto que no terço médio a cobertura foi maior na profundidade externa e menor na profundidade interna (Tabela 8). A menor cobertura das folhas na profundidade interna no terço médio, provavelmente se deve a maior densidade de folhas nessa posição do tomateiro. Essa característica acarreta obstrução das folhas na penetração das gotas no dossel, conhecido como “efeito parede” que dificulta a cobertura das folhas no interior do dossel (Escola et al 2006).

**Tabela 8** - Porcentagens de cobertura proporcionadas por diferentes volumes de pulverização em função da posição de amostragem (terço) e profundidade na planta de tomate

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Terço da planta	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
400	Superior	26,03aA	28,45aA	30,26aA
	Médio	27,09aA	17,92bAB	13,77bB
	Inferior	17,48aA	15,34bA	8,81bA
480	Superior	21,04aB	33,78aA	14,93aB
	Médio	19,43aA	19,72bA	15,19aA
	Inferior	23,24aA	13,73bA	13,71aA
560	Superior	32,36aA	27,99aA	22,08aA
	Médio	17,72bA	22,10aA	24,86aA
	Inferior	27,12abA	15,91aB	18,11aB

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

Para o volume de 480 L ha<sup>-1</sup>, no terço superior, a profundidade intermediária foi a que apresentou a maior cobertura, não havendo diferença entre as profundidades externa e interna (Tabela 8).

Considerando o volume de 560 L ha<sup>-1</sup>, nos terços superior e médio não houve diferença entre as médias de cobertura nas três profundidades. Enquanto que no terço inferior, a maior cobertura foi obtida na profundidade externa, que diferiu das profundidades intermediária e interna (Tabela 8).

Verificou-se que no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, nas profundidades intermediária e interna, maior porcentagem de cobertura no terço superior, provavelmente associada a

menor densidade de folhas nesse terço. Para a profundidade externa não houve diferença entre os terços.

Com o volume 480 L ha<sup>-1</sup>, na profundidade intermediária, no terço superior apresentou maior cobertura, enquanto que nas profundidades externa e interna a cobertura foi semelhante nos três terços.

No volume de 560 L ha<sup>-1</sup>, nas profundidades intermediária e interna, não houve diferença entre as médias de cobertura nos três terços, indicando boa uniformidade de distribuição das gotas ao longo do dossel.

Quando se comparam os volumes de aplicação dentro de cada terço e profundidade, o terço superior, na profundidade externa, o volume de 560 L ha<sup>-1</sup> proporcionou melhor cobertura, não havendo diferença entre os volumes de 400 e 480 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 9). Matuo et al. (2006), relatam que o aumento de cobertura pode ser obtido mediante o aumento do volume de aplicação, mesmo quando são utilizadas pontas de pulverização que produzem gotas de maior diâmetro. Na profundidade intermediária, não se observou efeito dos volumes de aplicação. Para a profundidade interna, o volume de 400 L ha<sup>-1</sup> e 560 L ha<sup>-1</sup> não diferiram entre si.

**Tabela 9** - Porcentagens de cobertura nas diferentes posições de amostragem (terço), em função do volume de pulverização e profundidade na planta de tomate

Terço da planta	Volume (Lha <sup>-1</sup> )	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
<b>Superior</b>	<b>400</b>	20,03b	28,45a	30,26a
<b>Superior</b>	<b>480</b>	21,04b	33,78a	14,93b
<b>Superior</b>	<b>560</b>	32,36a	27,99a	22,08ab
<b>Médio</b>	<b>400</b>	17,09a	17,92a	13,7b5
<b>Médio</b>	<b>480</b>	19,43a	19,72a	15,19ab
<b>Médio</b>	<b>560</b>	17,72a	22,10a	24,86a
<b>Inferior</b>	<b>400</b>	17,48b	15,34a	8,81b
<b>Inferior</b>	<b>480</b>	23,24ab	13,73a	13,71ab
<b>Inferior</b>	<b>560</b>	27,12a	15,91a	18,11a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No terço médio, na profundidade externa, não houve diferença entre as médias de cobertura com o incremento do volume de aplicação. Utilizando 560 L ha<sup>-1</sup>, obteve-se

cobertura 81% maior no terço médio na profundidade interna do que no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>. No analisador a laser, em que se determinou o espectro de gotas produzido pela ponta dosadora do atomizador, verificou-se que o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) foi de 125,4 µm no volume de 400 L ha<sup>-1</sup> e 104,1 µm em 560 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 2), que de acordo com a Associação Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE, 2000), as gotas são classificadas na categoria de muito fina. Segundo Courhsee (1967), quanto maior o volume de calda e menor o diâmetro da gota, maior será a cobertura do alvo pulverizado.

Observa-se que na profundidade intermediária, independente do terço avaliado e do volume de calda aplicado, não houve efeito na porcentagem de cobertura.

Considerando a quantidade de calda retida na folhagem do tomateiro (deposição) verificou-se interações duplas entre volume x terço, volume x profundidade e terço e profundidade, não havendo significância para a interação tripla (volume x terço x profundidade (Tabela 10).

**Tabela 10-** Análise de variância do depósito de corante nas folhas de tomateiro (µL cm<sup>-2</sup>), em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Bloco</b>	3	0,00000 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	0,00002**
<b>Resíduo (a)</b>	6	0,000000
<b>Terço (T)</b>	2	0,00001**
<b>Volume x Terço</b>	4	0,00001**
<b>Resíduo (b)</b>	18	0,000000
<b>Profundidade</b>	2	0,00000 <sup>ns</sup>
<b>Volume x Profundidade</b>	4	0,00001**
<b>Terço x Profundidade</b>	4	0,00002**
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	0,00000 <sup>ns</sup>
<b>Residuo (c)</b>	54	0,000000
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	17,09
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	18,88
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	28,02

\* F significativo a 5%; \*\* F significativo a 1% de probabilidade.

Comparando-se os volumes de aplicação dentro de cada posição de amostragem verificou-se que para o terço superior não houve diferença significativa na deposição, independente do volume aplicado (Tabela 11), mesmo tendo ocorrido aumento da densidade de gotas com a incremento do volume de calda (Tabela 6).

**Tabela 11** - Valores médios dos depósitos do corante nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nos terços superior, médio e inferior do dossel, em três volumes de pulverização

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Terço da planta		
	Superior	Médio	Inferior
400	0,0062aB	0,0085aA	0,0067aB
480	0,0067aA	0,0067bA	0,0053bB
560	0,0061aA	0,0057bA	0,0057abA

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

Nos terços médio e inferior, houve tendência de redução da deposição com o aumento do volume de aplicação (Tabela 11). Esperava-se que com o maior volume de calda houvesse maior deposição, isso não ocorreu, provavelmente por ter sido consequência do aumento da pressão de trabalho, que reduziu o tamanho das gotas (Tabela 1) e aumentou a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$  (Tabela 3), favorecendo a deriva e, conseqüentemente, reduzindo a taxa de recuperação da calda no alvo, mesmo com maior volume de calda. Segundo, Summer (1997) e Wolf (2000), gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos. Ainda, segundo Minguela e Cunha (2010) gotas abaixo deste diâmetro são facilmente transportadas pelo vento, podendo ser arrastadas por até 360 m de distância, quando lançadas a um metro do solo com velocidade do vento de 2 m s<sup>-1</sup>. Segundo Matuo et al. (2006), gotas menores que 150  $\mu\text{m}$ , são mais propensas à deriva.

Operando nas pressões de 200, 300 e 400 kPa, as porcentagens do volume pulverizado composto por gotas com diâmetros inferiores a 100  $\mu\text{m}$ , foram 32,14, 38,78 e 46,50, indicando alto potencial de risco de deriva. Essas gotas nas condições de campo são facilmente perdidas pela deriva (Lefebvre, 1989) com isso não atingem o alvo e reduzem a deposição.

Quando se compara os terços no mesmo volume de aplicação (Tabela 11), observa-se que o volume de 400 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maior deposição no terço médio. Isso é justificado pela configuração da barra de pulverização. Como ela tem três pontas espaçadas de 0,5m, espera-se que a deposição na parte central seja mais homogênea, uma

vez que nas extremidades falta sobreposição nos jatos produzidos pelas pontas de pulverização. Essa maior concentração no terço médio é adequada para pulverizações de inseticidas visando por exemplo o controle da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), pois segundo Fornazier et al., (2010) maior intensidade no ataque desse inseto no tomateiro ocorre no terço medio das plantas.

Considerando o volume de 480 L ha<sup>-1</sup> verificou-se menor deposição no terço inferior, enquanto que 560 L ha<sup>-1</sup> proporcionou deposição semelhante nos três terços (Tabela 11) com boa uniformidade de deposição no dossel do tomateiro. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardes et al. (2014) diferentes volumes de aplicação (300, 400 e 500 Lha<sup>-1</sup>), onde a deposição foi semelhante no perfil do tomateiro.

Desdobrando a interação volume x profundidade, observou-se que nas profundidades externa e interna, independente do volume aplicado, a deposição na folhagem não diferiu. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardes et al. (2014) com diferentes volumes de aplicação (300, 400 e 500 Lha<sup>-1</sup>), onde a deposição foi semelhante no perfil do tomateiro (Tabela 12).

**Tabela 12** – Valores médios dos depósitos do corante nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nas profundidades externa, intermediária e interna, em três volumes de pulverização

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Profundidade		
	Externa	Intermediária	Interna
400	0,0068aAB	0,0085aA	0,0061aB
480	0,0060aA	0,0062bA	0,0065aA
560	0,0068aA	0,0051bA	0,0056aA

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

Comparando-se as profundidades no mesmo volume de aplicação (Tabela 12), não houve diferença na deposição nas três profundidades avaliadas. Verifica-se que em todos os volumes aplicados a deposição é semelhantes em todas as profundidades, o que demonstra potencialidade de uso do equipamento, desde que tomadas precauções em relação à ocorrência de deriva, como por exemplo, evitar aplicações em condições climática desfavoráveis.

Considerando a interação terço x profundidade (Tabela 13), observa-se na profundidade externa que a deposição foi semelhante nos três terços avaliados. Esse

resultado era esperado em função da maior exposição das folhas externas as gotas pulverizadas. Na profundidade intermediária, os terços superior e médio obtiveram a maior deposição, os quais foram significativamente superiores ao terço inferior. Na profundidade interna o terço médio recebeu maior deposição, diferindo estatisticamente dos demais, isso pode ser em razão da melhor sobreposição dos jatos nessa posição do dossel, conforme já discutido anteriormente.

**Tabela 13-** Quantidade de calda retida na folhagem do tomateiro ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nos terços superior, médio e inferior do dossel, em três profundidades

Terço da planta	Profundidade		
	Externa	Intermediaria	Interna
<b>Superior</b>	0,0073aA	0,0064abAB	0,0054bB
<b>Médio</b>	0,0055bB	0,0076aA	0,0078aA
<b>Inferior</b>	0,0069abA	0,0058bAB	0,0050bB

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

Fixando-se o terço e variando a profundidade, verificou-se maior deposição na profundidade externa, nos terços superior e inferior e menor na profundidade interna (Tabela 13). Magno Júnior et al. (2011) observaram resultados semelhante para a pulverização em citros. Isso pode ser explicado, em virtude da barra de pulverização ser composta de pontas hidráulicas que produzem gotas que não possuem energia cinética suficiente para atingir o interior do dossel. Marti et al. (2006) relatam que dificilmente se obtém deposições uniformes nas folhas no interior do dossel de plantas arbustivas e arbóreas e, que para aumentar a eficiência na deposição das gotas no interior do dossel, deve-se usar pulverizadores com assistência de ar.

#### 4. Conclusões

- Considerando as características analisadas, o pulverizador hidráulico com barra tipo foguetinho atende as necessidades da pulverização na cultura do tomateiro. Se o alvo pulverizado estiver localizado no terço médio do tomateiro, pode-se optar pelo menor volume ( $400 \text{ L ha}^{-1}$ ).

- Estudos complementares de cobertura e deposição de calda, utilizando o foguetinho, são ainda necessários para avaliar a eficiência de controle de pragas e doenças do tomateiro.

## 5. Referências Bibliográficas

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2008. p. 174-175.

ALVARENGA, C. B. Automatização de um pulverizador hidropneumático visando o controle do espectro de gotas em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar. 2012. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, 2012

BARRY, J.W. Aerial application to Forest. **In: application technology for Crop Protection**. Eds: G.A. Matthews & E.C. Hislop. North Hampton, England: CAB International. p.241-273, 1993.

BERNADES, A. M.; TEIXEIRA, M. M.; PICANÇO, M. C.; QUIRINO, A. L. S.; MACIEL, C. F. S.; SANTIAGO, H. Espectrofotometria da deposição de agrotóxico no dossel do tomateiro. **Scientia Agrárias**, v. 04, n. 1, p. 93-104, 2014.

CAMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008

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

CROSS, J. V. et al. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protec.**, v. 20, n. 2, p. 333-343, 2001.

CROSS, J. V.; WALKLATE, P. J.; MURRAY, R. A.; RICHARDSON, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v.20, p.333-343, 2001.

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.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J. R.; GIL, E.; VAL, L. Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment. **ASAE**, 2006. (Paper nº 061620).

FAROOQ, M.; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D.; WOLF, T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

FORNAZIER, M. J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D. S. Principais pragas da cultura do tomateiro estaqueado na região de montanhas do Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2010. p. 185-226.

LEFEBVRE, A.H. Atomization and sprays. New York: **Hemisphere Publishing Corporation**, 1989. 421 p.

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.

MARTI, S. P.; POLO, J. R. R.; MOYA, E. G.; MONTEROLA, L. V.; ESCOLA, A. Optimizing pesticide spray application in tree crops. St. Joseph. Mich.: **ASABE**, 2006. (Paper n° 061128).

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p. 345-353.

MATTHWES, G. A. How was the pesticide applied. *Crop Protection*. v. 23 n. 7, p. 651-653, 2004.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos de aplicação. In: ABEAS - **Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2006, 100 p.

MAZIERO, H. **Estudo de tecnologia de aplicação e inseticida para o controle de percevejos fitófagos na cultura da soja**. 2006. 34f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Maria, Santa Maria.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010. 588p.

MOURA, A. P.; FILHO, M. M.; GUIMARÃES, J. A.; LIZ, R. S. Manejo Integrado de Pragas do Tomateiro para o Processamento Industrial. Brasília: Embrapa hortaliças, 2014. 24p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 129).

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**, 2 ed. 1998. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78.

PAI, N.; SALYANI, M.; SWEEB, R.D. Adjusting airblast sprayer airflow based on tree foliage density. **St. Joseph**, MI: ASABE, 2008. (Paper, 3653).

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Escolha de traçadores para a avaliação dos depósitos de pulverização. **Scientia Agricola**, Campina Grande, v. 62, n.5, p. 440-5, 2005.

SILVA, F.A.S. ;AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (eds.). Principais doenças fúngicas do feijoeiro. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p.127-137.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005).

VIRGINIA AND WEST VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION SERVICES  
1989 - 1990. **Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers**. Morgantown:  
West Virginia University, 1989. 117p. (Publ. 456-419).

YU, Y.; ZHU, H.; FRANTZ, J.; REDING, M. E.; CHAN, K. C. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2009

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: KSU, Application Technology Series, 2000. 4 p.

## **Eficiência de diferentes volumes de calda aplicados com pulverizador pneumático costal motorizado (atomizador) na cultura do tomateiro**

### **Resumo**

Com o objetivo de avaliar a cobertura, densidade de gotas e deposição de calda no tomateiro, conduziu-se dois experimentos, um em laboratório e o outro em campo. O experimento a campo, foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas no delineamento em blocos casualizados. Nas parcelas foram avaliados três volumes de aplicação (400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>), nas subparcelas, três alturas no dossel do tomateiro (terços superior, médio e inferior da planta) e nas subsubparcelas, as três profundidades (externa, intermediária e interna) de tomateiros. Em laboratório, avaliou-se o espectro de gotas produzido pela ponta dosadora do atomizador, por meio de analisador de partículas a laser em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.). Para análise do padrão de cobertura e densidade das gotas, foi realizada a coleta das gotas em etiquetas de papel hidrossensível, fixadas na face adaxial da folha, sendo a cobertura quantificada pela porcentagem de área coberta pelas gotas e a densidade populacional expressa em gotas cm<sup>-2</sup>. O estudo de deposição foi realizado analisando-se a distribuição de um traçador (corante azul brilhante) ao longo do dossel, pela técnica da espectrofotometria. Os volumes de calda utilizados não influenciaram a deposição nos terços superior e inferior das plantas de tomateiro, sendo que no terço médio a deposição foi maior com 560 L ha<sup>-1</sup>. O atomizador, nos três volumes de calda avaliado, atendeu às expectativas tanto de densidade de gotas e porcentagem de cobertura, para a aplicação de inseticida e fungicida na cultura do tomateiro. O volume de aplicação de 560 L ha<sup>-1</sup> deverá ser recomendado quando houver necessidade de maior deposição na parte interna da planta de tomateiro.

**Palavras-chave:** cobertura, densidade de gotas e deposição de calda

## **Efficiency of different volumes of liquid applied with costal motorized pneumatic sprayer in the tomato crop**

### **Abstract**

In order to evaluate the coverage, droplet density and liquid deposition on the tomato plants, two experiments were carried out, one in field experiment and another in the laboratory. The field experiment was conducted in the scheme of subsub-split plots in a randomized complete block design. In the plots, three application volumes were evaluated (400, 480 and 560 L ha<sup>-1</sup>) in the subplots three heights were analyzed in the tomato canopy (upper, middle and lower thirds of the plant) and in the subsubplots, the three depths were studied (external, intermediate and internal) of tomatoes plants. In laboratory, the spectra of drops produced by the metering tip of the atomizer were evaluated by a real-time laser particle analyzer (Spraytech, Malvern Instruments Co.). For the analysis of the cover pattern and density of the droplets, the droplets were collected on water-sensitive paper labels, fixed on the adaxial side of the leaf, the coverage was quantified by the percentage of area covered by the droplets and the population density was expressed as cm<sup>-2</sup>. The deposition study was performed by analyzing the distribution of a tracer (bright blue dye) along the canopy, using the spectrophotometry technique. The liquid volumes used did not influence the deposition in the upper and lower thirds of the tomato plants, and in the middle third the deposition was higher with 560 L ha<sup>-1</sup> application volume. In the three volumes of the evaluated liquid, the atomizer met the expectations of both parameters, density of droplets and percentage of coverage, for the application of insecticide and fungicide in the tomato crop. The application volume of 560 L ha<sup>-1</sup> should be recommended when there is a need for greater deposition in the internal part of the tomato plant.

**Key words:** coverage, droplet density and liquid deposition

## 1. Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça cultivada em todas as regiões do Brasil, com grande importância econômica e social, sendo a segunda hortaliça mais produzida no mundo.

Um dos maiores problemas enfrentados pelos tomaticultores é a grande incidência de pragas e doenças que acometem as lavouras destinadas ao consumo *in natura* ou para fins industriais, ocasionando perdas substanciais na qualidade e quantidade da produção (Fornazier et al., 2010).

Muitos produtores realizam o manejo dessas pragas e doenças seguindo calendário pré-definido de aplicações de defensivos, o que ocasiona em um número de aplicações excessivas e muitas vezes inadequadas com prejuízos ao homem e ao ambiente (Fornazier; Pratisoli; Martins, 2010).

O método de controle mais utilizado pelos agricultores é o químico, no entanto, quando empregado de maneira inadequada, levam-se a potenciais riscos de contaminação do ambiente e dos trabalhadores envolvidos na aplicação (Viana et al., 2010).

Segundo Cunha et al. (2007), para obter aplicação eficiente é importante uma boa distribuição do produto no alvo, com tamanho de gotas adequado, principalmente quando se usa produto de ação local, minimizando as perdas por deriva e evaporação. Deve-se procurar aplicar a dose correta do defensivo no alvo com o mínimo de perda possível. No entanto, ocorrem vários casos de aplicações ineficientes, com baixa penetração da calda no dossel da planta e desvio da trajetória das gotas, ao excesso ou déficit volume de calda no alvo (Derksen e Breth, 1994), tudo isso devido à ineficiência dos equipamentos e à utilização inadequada dos mesmos.

Um fator a ser considerado em relação à tecnologia de aplicação, é o volume de calda utilizado nas aplicações. Na cultura do tomateiro é comum a aplicação de volumes superiores a 800 L ha<sup>-1</sup>. No entanto, deve-se ficar atento, ao uso do volume excessivo, que poderá provocar o escorrimento da calda, promovendo contaminação do solo e do ambiente. Se por um lado altos volumes promovem melhor cobertura, por outro, reduzem a capacidade operacional do pulverizadores. Devido a baixa eficiência de controle, muitos produtores aumentam o volume de calda e a dose do defensivo, aumentando o custo de produção e contaminação ambiental (Paiet al., 2008).

A escolha correta do equipamento de pulverização influencia na eficácia de aplicação de defensivos agrícolas. Assim é fundamental que o equipamento proporcione

o máximo rendimento com menor custo e com o mínimo de contaminação ambiental. É importante conhecer o equipamento utilizado nas aplicações e as condições ambientais, pois a interação desses fatores serão responsáveis pela eficiência ou ineficiência do controle (Ramos; Pio, 2008).

Dentre os equipamentos costais, para aplicar defensivos agrícolas, o pulverizador pneumático costal motorizado (atomizador) pode ser uma alternativa para os produtores melhorarem a eficiência no controle de pragas e doenças na cultura do tomate. Esse atomizador é utilizado principalmente 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 melhora a eficiência da aplicação, uma vez que o ar expelido pela turbina desloca a atmosfera inerte, localizada no interior da planta, permitindo maior alcance do jato de pulverização possibilitando, assim, a penetração das gotas no interior do dossel do tomateiro. Segundo Stevenson; James, (1997), pulverizador com assistência de ar é importante na redução dos custos com aplicação de produtos fitossanitários, uma vez que eles podem reduzir o volume de aplicação, aumentando a capacidade operacional do equipamento.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a, densidade de gotas, a porcentagem de cobertura e a deposição de calda no dossel do tomateiro, em aplicações com diferentes volumes de calda com atomizador costal motorizado.

## **2. Material e métodos**

O experimento foi realizado em lavoura comercial de tomate, no município de Coimbra-MG, utilizou-se a cultivar Aguamiel, com irrigação localizada por gotejamento, tutoramento vertical com bambu, conduzidas com uma haste no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Por ocasião das avaliações, as plantas encontravam-se com altura média de 1,69 m e largura de copa média de 0,55 m, (Figura 1). O clima da região é classificado, segundo Koppen, como tropical de altitude, com precipitação média de 1.200 mm e temperatura média anual de 19 °C.



**Figura 1** – Vista do tomateiro por ocasião da aplicação dos tratamentos

Antes de instalar o experimento a campo no Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, foram realizados testes preliminares com um pulverizador pneumático costal motorizado (atomizador) da marca Guarany®, com reservatório de 18 Litros (Figura 2), utilizando-se o analisador a laser em tempo real para caracterização do espectro de gotas. Com o atomizador funcionando na aceleração máxima determinou-se a vazão da ponta dosadora que foi de  $0,63 \text{ L min}^{-1}$ . Em seguida, colocou-se o atomizador sobre uma bancada e posicionou-se o bocal no sentido perpendicular ao feixe luminoso a 0,40 metros de distância e realizou-se o movimento vertical de baixo para cima de tal forma que o jorro atingisse transversalmente o feixe luminoso. Esse procedimento foi repetido cinco vezes.

Com base no espectro de gotas produzidos pelas pontas de pulverização nas diferentes pressões, determinou-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferiores a 100; entre 100 a 200, entre 200 a 300, entre 300 a 450 e superiores a 500  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2** – Pulverizador pneumático costal motorizado

O experimento no campo foi conduzido no esquema de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação (400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>), nas subparcelas as alturas (terços superior, médio e inferior da planta de tomateiro) e nas subsubparcelas, as profundidades (externa, intermediária e interna) no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de vinte e cinco metros de comprimento, espaçadas de 1,0 m e 0,5 m entre plantas.

Os volumes de aplicação, em L ha<sup>-1</sup> foram determinados com base no TRV médio de copa das plantas de tomateiro e nos índices volumétricos recomendados para pulverização (Virginia, 1989) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Índices volumétricos recomendados para diferentes volumes de pulverização para culturas arbóreas

Volume de pulverização	Índice Volumétrico (ml m <sup>-3</sup> )
Muito Alto	120
Alto	100
Médio	70
Baixo	50
Muito Baixo	30
Ultra Baixo	10

Fonte: Virginia Cooperative Extension Service (1989).

Antes da pulverização mediu-se o volume do dossel do tomateiro. Este volume foi baseado no método TRV (Tree Row Volume), que consistiu-se na medição da arquitetura das plantas de tomate na área, segundo a Equação 1.

$$\text{TRV} = \frac{H L 10000}{D} \quad \text{Equação (1)}$$

onde

TRV = volume dos dosséis das plantas (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);

H = altura do dossel (m);

L = largura do dossel (m);

D = distância entre linhas de plantio (m).

A partir dos valores de TRV e os Índices Volumétricos (IV), os volumes de pulverização foram calculados conforme *Equação 2*.

$$Q = \frac{\text{TRV} \cdot \text{IV}}{1000} \quad \text{Equação (2)}$$

onde

IV= índice de volume de pulverização (L 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);

Q= volume de pulverização (L ha<sup>-1</sup>); e,

TRV= volume de vegetação (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

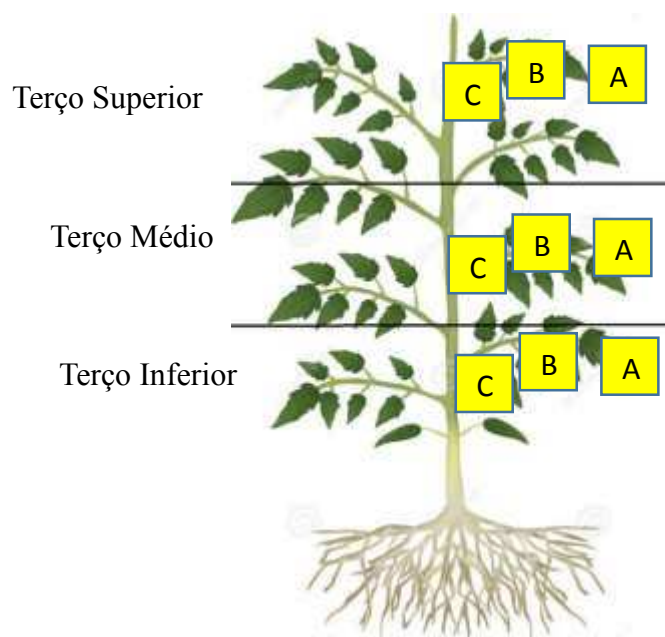
Os índices volumétricos utilizados foram 50, 60 e 70 ml m<sup>-3</sup> e TRV calculado foi 8000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, obtendo-se os volumes de aplicação de 400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>. Visando manter o espectro de gotas no equipamento de aplicação, os volumes de cada aplicação foram obtidos por meio da variação da velocidade de deslocamento (Tabela 2).

**Tabela 2** - Volume de calda (L ha<sup>-1</sup>) em diferentes velocidades de deslocamento

TRV (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Índice Volumétrico (mL m <sup>-3</sup> )	Velocidade (Km h <sup>-1</sup> )	Volume (L ha <sup>-1</sup> )
8000	50	1,89	400
8000	60	1,57	480
8000	70	1,35	560

No momento da aplicação o bocal do atomizador foi posicionado aproximadamente a 40 cm da fileira do tomateiro, em posição diagonal a fileira, formando um ângulo de aproximadamente 45°.

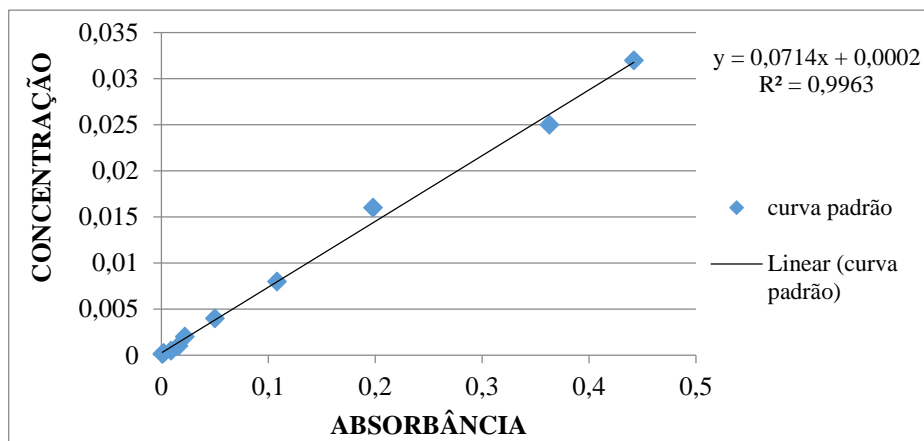
A avaliação da qualidade da aplicação da calda nas folhas foi realizada a partir da porcentagem de cobertura, densidade de gotas e deposição de calda. Para a determinação da porcentagem de cobertura e a densidade de gotas, em cada volume de calda avaliado, foram escolhidas aleatoriamente, quatro plantas em uma distância de 5,0 m de fileira. Em cada planta foram colocadas nove etiquetas de papel hidrossensível distribuídas nos três terços no dossel do tomateiro (superior, médio e inferior) e, em cada terço, foram avaliadas três diferentes profundidades (externa - A, intermediária -B e interna - C), (Figura 3). As etiquetas foram fixadas na superfície adaxial das folhas por meio de clipe metálico. No momento da aplicação, a temperatura oscilou entre 23,1 e 26,1°C, a velocidade do vento variou entre 3,2 e 4,8 m s<sup>-1</sup>, e a umidade relativa entre 75 e 79%.



**Figura 3.** Disposição das etiquetas visando avaliação da deposição de gotas.

Logo após a aplicação, as etiquetas foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório e digitalizadas em *scanner* com resolução de 600 dpi para posterior análise da porcentagem de área coberta pelas gotas e densidade de gotas no software “Image Tool” versão 3.0.

Para a avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização nas folhas do tomateiro, sob diferentes volumes de calda, foi utilizado o corante alimentício azul brilhante como substância marcadora (Palladini et al., 2005) em solução aquosa ( $3.000 \text{ mg L}^{-1}$ ). No momento de preparo das caldas uma amostra foi retirada para elaboração da curva de calibração, obtida por meio da leitura da absorbância no espectrofotômetro, de concentrações conhecidas do corante, obtidas a partir de diluições da calda aplicada (Figura 4). Após a aplicação de cada tratamento, foram coletados quatro folíolos de cada ponto especificado (terço e profundidade) e colocados em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica de poliestireno expandido. Em cada saco plástico contendo os folíolos foi adicionado 20 ml de água destilada, mantendo-se sob agitação por 30 segundos para a remoção corante depositado na superfície dos folíolos. As amostras foram analisadas no laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Determinou-se as absorbâncias das soluções no espectrofotômetro de absorção molecular, modelo SP 1105, no comprimento de onda de 630 nm (Santiago, 2013).



**Figura 4** - Curva de calibração do corante alimentício azul brilhante obtida através da absorbância a partir da diluição da calda aplicada na cultura do tomate.

A partir da equação de regressão  $y = 0,0714x + 0,0002$  (Figura 4) que possibilitou transformar os valores obtidos no espectrofotômetro em valores em  $\text{mg L}^{-1}$  do corante que foi depositado nas folhas do tomateiro analisadas.

Por meio da Equação 3, foi realizada a transformação dos depósitos em microlitro (ml).

$$C_i V_i = C_f V_f \quad \text{Equação (3)}$$

onde

$C_i$  – concentração do corante na amostra, ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V_i$  – volume captado pelo alvo, ( $\mu\text{L}$ );

$C_f$  – concentração de corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorbância, ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V_f$  – volume de diluição da amostra, ( $\mu\text{L}$ ).

A partir da concentração do corante na calda e do volume de diluição da amostra foi possível determinar o volume de calda capturado pelo alvo.

Após a remoção do corante dos folíolos, foi realizada a medição da área foliar dos mesmos, utilizando-se o integrador de bancada Licor Equipamentos® 3100. A partir dessas informações, calculou-se a deposição de calda na folha em função da área foliar, obtendo-se a quantidade de produto na folha ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ).

Os dados relativos à densidade de gotas, cobertura e deposição de calda foram submetidos ao teste F e, em caso de significância, comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2002).

### 3. Resultados e discussão

No analisador a laser, em que se determinou o espectro de gotas produzido pelo atomizador, verificou-se que o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) foi de 230,4  $\mu\text{m}$  (Tabela 3), classificadas de acordo com a Associação Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE, 2000) como gota média, indicada para aplicação de inseticidas e herbicidas de contato

**Tabela 3** – Espectro da população de gotas, considerando-se médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferiores a 100; entre 100 a 200, entre 200 a 300, entre 300 a 500 e superiores a 500  $\mu\text{m}$  observados por meio do analisador a laser de gotas em tempo real para o atomizador costal motorizado.

DMV ( $\mu\text{m}$ )	Classificação Gotas	Diâmetro < 100 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 100 e 200 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 200 e 300 $\mu\text{m}$	Diâmetro entre 300 e 500 $\mu\text{m}$	Diâmetro > 500 $\mu\text{m}$
230,4	Média	15,62	23,75	21,38	14,06	23,77

Com relação a percentagem do volume aplicado dentro dos diferentes tamanhos de gotas, verificou-se que 15,62 do volume pulverizado foi composto por gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$ , estando este valor dentro do limite recomendado por Cunha et al. (2003). Segundo esses autores, valores inferiores a 15% parecem ser mais adequados para uma aplicação segura, desde que tomadas precauções em relação à ocorrência de deriva, como por exemplo, evitar aplicações em condições climática desfavoráveis.

A percentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro entre 100 a 200  $\mu\text{m}$  e 200 a 300  $\mu\text{m}$  foi de 23,75 e 21,38%, respectivamente, totalizando 45,5% do volume total. Para o cultivo do tomate que se faz uso constante de inseticidas e fungicidas que demandam maior cobertura, gotas compreendidas neste intervalo parecem ser as mais indicadas. Segundo Matuo (2006) este espectro de gotas é adequado para aplicação de produtos que demandam maior cobertura, como os fungicidas de contato, devendo-se, no entanto, evitar aplicações em condições ambientais favoráveis à ocorrência de deriva.

O volume aplicado com as gotas com diâmetro entre 300 a 500  $\mu\text{m}$  foi relativamente baixo, de 14,06%, enquanto que 23,77% do volume é composto por gotas com diâmetro superior a 500  $\mu\text{m}$ .

Verifica-se que boa parte do espectro de gotas formado (Tabela 3) é composto por gotas com diâmetro superior a 250  $\mu\text{m}$ , sendo apropriado para aplicações de produtos que

demandam menor porcentagem de cobertura, ou, para aplicação de produtos que demandam maior cobertura, quando se faz uso de outras estratégias para melhorar cobertura, como aumento de volume aplicado e/ou uso de adjuvantes que possibilitem aumento na molhabilidade. Segundo Teixeira (1997), menor é o risco de deriva, quando se trabalha com menor porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 250  $\mu\text{m}$ .

Considerando o experimento realizado em condições de campo, verifica-se na tabela 4 que houve interação tripla, volumes de calda aplicados, terços da planta e as profundidades, indicando uma dependência entre os fatores analisados.

**Tabela 4** - Resumo da análise de variância para densidade de gotas, em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Bloco</b>	3	1749,522 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	124621,56 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	1204,10
<b>Terço (T)</b>	2	73203,14 <sup>**</sup>
<b>Volume x Terço</b>	4	16429,23 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (b)</b>	18	795,02
<b>Profundidade</b>	2	58393,48 <sup>**</sup>
<b>Volume x Profundidade</b>	4	7776,79 <sup>**</sup>
<b>Terço x Profundidade</b>	4	10469,50 <sup>**</sup>
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	4959,97 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (c)</b>	54	830,00
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	9,25
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	7,52
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	7,68

\* F significativo a 5%; \*\* F significativo a 1% de probabilidade.

Considerando o volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, a densidade de gotas no terço superior foi maior nas profundidades externa e interna. No terço médio, a densidade de gotas foi maior nas profundidades externa e intermediária (Tabela 5), não havendo diferenças entre essas profundidades, enquanto que a profundidade interna foi a apresentou menor densidade de gotas. No terço inferior, a maior densidade de gotas foi observada na profundidade externa.

Para o volume de 480 L ha<sup>-1</sup>, no terço superior, não houve diferença significativa entre as profundidades externa e intermediária (Tabela 5), com menores índices

observados na profundidade interna, a qual não diferiu da intermediária. No terço médio, onde há maior densidade de folhas no dossel das plantas, menor densidade de gotas foi detectada na profundidade interna. No terço inferior a densidade de gotas foi semelhante nas três profundidades.

**Tabela 5** - Densidades de gotas  $\text{cm}^{-2}$  na face adaxial das folhas de tomate proporcionadas por diferentes volumes de pulverização em função da posição de amostragem (terço) e profundidade na planta de tomate.

Volume (L $\text{ha}^{-1}$ )	Terço da planta	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
400	Superior	368,5Abc	281,75Ba	340,8Aa
	Médio	454,8Aa	427,67Ab	295,64Ba
	Inferior	342,31Ac	174,07Bc	149,73Bb
480	Superior	426,57Aa	379,01ABbc	368,43Ba
	Médio	455,35Aa	429,48Aa	318,8Ba
	Inferior	350,58Ab	338,02Ac	329,3Aa
560	Superior	443,96Aa	429,9Aa	424,36Aa
	Médio	459,73Aa	465,1Aa	422,59Aa
	Inferior	444,00Aa	432,22Aa	371,84Bb

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

No volume de 560 L  $\text{ha}^{-1}$ , nos terços superior e médio não houve diferença significativa entre as densidade de gotas nas três profundidades. Enquanto que no terço inferior, menor densidade de gotas foi obtida na profundidade interna (Tabela 5).

A menor densidade de gotas na profundidade interna, principalmente, nos terços médio e inferior, deve-se a maior densidade de folhas nessa posição do tomateiro, que segundo Escola et al. (2006), acarreta obstrução na penetração das gotas no dossel, conhecido como “efeito parede”.

Comparando-se os terços dentro de cada volume de aplicação e profundidade (Tabela 5), verifica-se, para os três volumes de calda aplicados, que no terço médio há sempre densidade igual ou superior aos demais terços, que se deve ao efeito parede mencionado anteriormente, devido à maior densidade de folhas no dossel da cultura, retendo grande parte das gotas pulverizadas. Na profundidade intermediária, a maior

densidade de gotas foi observada no terço superior, provavelmente associada a menor densidade de folhas e ainda, com folhas menores nesse terço, que facilita o deslocamento das gotas mediante a assistência de ar. Na profundidade interna, os terços superior e médio apresentaram maior densidade de gotas, não havendo diferença entre esses terços.

Para o volume  $480 \text{ L ha}^{-1}$ , na profundidade externa, menor densidade de gotas foi constatada no terço inferior, enquanto que na profundidade intermediária, maior densidade de gotas foi detectada no terço médio (Tabela 5).

Utilizando  $560 \text{ L ha}^{-1}$ , nas profundidades externa e intermediária, os três terços avaliados apresentaram a mesma densidade de gotas. Esta informação indica que, todos os terços receberam a mesma quantidade de gotas, sendo esta característica importante no controle de doenças localizadas em diferentes posições na planta. O tomateiro, é susceptível a diversas pragas e doenças que estão localizados nos diferentes terços da planta, dessa forma, é importante uma boa distribuição das gotas ao longo do dossel da planta e número de gotas ideal principalmente quando se usa produtos de ação local.

A densidade de gotas, proporcionada por todos os volumes, nos terços e profundidades avaliadas, está adequada para a pulverização de inseticidas, fungicidas de contato e sistêmico, de acordo com Matthews (2000), que recomenda densidade de gotas necessária para uma ação eficiente de defensivos de 20 a 30 gotas para inseticida, 30 a 50 gotas fungicida sistêmico e acima de 70 gotas para fungicida de contato.

Comparando-se os volumes de aplicação dentro de cada terço e profundidade (Tabela 6), verifica-se que, no terço superior na profundidade externa, os volumes de  $480$  e  $560 \text{ L ha}^{-1}$  proporcionaram maior densidade de gotas, não diferindo entre si.

Nos terços superior e médio, nas profundidades intermediária e interna, os maiores valores de densidade de gotas foram observados no volume de  $560 \text{ L ha}^{-1}$ . A maior densidade de gotas, encontrada nas profundidades intermediária e interna, é importante para indicar o volume de  $560 \text{ L ha}^{-1}$  quando o alvo biológico encontra-se em posições mais internas no dossel, devido a maior deposição das gotas internamente. Este resultado indica maior distribuição de calda no alvo, condição desejada principalmente quando utiliza-se defensivos de contato.

**Tabela 6** - Densidades de gotas  $\text{cm}^{-2}$  na face adaxial das folhas do tomateiro nas diferentes posições de amostragem (terço), em função do volume de pulverização e profundidade na planta de tomate

Terço da planta	Volume ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
<b>Superior</b>	<b>400</b>	368,5b	281,7c	340,8c
<b>Superior</b>	<b>480</b>	426,5a	379,0b	368,4bc
<b>Superior</b>	<b>560</b>	443,9a	429,9a	424,3a
<b>Médio</b>	<b>400</b>	454,8a	427,6c	295,6c
<b>Médio</b>	<b>480</b>	455,3a	429,4b	318,8bc
<b>Médio</b>	<b>560</b>	459,7a	465,1a	422,5a
<b>Inferior</b>	<b>400</b>	342,3b	174,0c	149,7b
<b>Inferior</b>	<b>480</b>	350,5b	338,0b	329,3a
<b>Inferior</b>	<b>560</b>	444,0a	432,2a	371,8a

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas, na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise de variância para a porcentagem de cobertura estão apresentados na Tabela 7. Verifica-se significância para a interação tripla, volumes de calda aplicados, terços da planta e as profundidades.

**Tabela 7** - Resumo da análise de variância para a porcentagem de cobertura na folhagem do tomateiro, em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Bloco</b>	3	9,45 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	126,76 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	32,76
<b>Terço (T)</b>	2	648,28 **
<b>Volume x Terço</b>	4	166,57 **
<b>Resíduo (b)</b>	18	28,85
<b>Profundidade</b>	2	375,91 **
<b>Volume x Profundidade</b>	4	52,84*
<b>Terço x Profundidade</b>	4	295,26 *
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	55,29 **
<b>Resíduo (c)</b>	54	17,44
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	20,33
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	19,08
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	14,83

Utilizando o volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, a porcentagem de cobertura nos terços superior e médio foram semelhantes, independentemente da profundidade avaliada, mostrando não haver diferenças entre os terços superior e médio quanto a cobertura (Tabela 8). No terço inferior a profundidade externa apresentou maior porcentagem de cobertura em relação a profundidade interna. Era esperado a profundidade interna apresentar menor cobertura, devido a influência do efeito da massa foliar (efeito parede) e também a menor densidade de gotas depositadas nesta profundidade (Tabela 5).

Para o volume de 480 L ha<sup>-1</sup>, nos terços superior, médio e inferior, a profundidade externa foi a que apresentou a maior cobertura, não havendo diferença entre as profundidades intermediária e interna.

Considerando o volume de 560 L ha<sup>-1</sup>, no terços superior não houve diferença significativa na cobertura nas três profundidades avaliadas. Enquanto que nos terços médio e inferior, a maior cobertura foi obtida na profundidade externa, que diferiu significativamente das profundidades intermediária e interna (Tabela 8).

Quando se comparam os terços dentro de cada volume de aplicação e profundidade, verifica-se que no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, nas três profundidades, observou-

se maior porcentagem de cobertura no terço superior e médio, não havendo diferença entre os terços, enquanto que o terço inferior nas profundidades intermediária e interna apresentou a menor cobertura. A porcentagem de cobertura no terço superior na profundidade interna, foi significativamente maior que o terço inferior, atingindo 34,66% da área total. O terço superior das plantas possuem probabilidade maior de serem atingidos pelas gotas pulverizadas, visto que a distância que as gotas precisam percorrer para atingir a parte inferior do dossel é maior. Segundo Souza et al. (2007), as folhas localizadas no terço inferior das plantas representam o alvo mais difícil de atingir em pulverizações. A sobreposição das folhas existentes no caminho das gotas e também a maior distância percorrida, além da maior possibilidade de perda por evaporação ou deriva das gotas menores, em condições ambientais adversas, implicam menor número de gotas chegando ao alvo e irregularidade no volume depositado.

Com o volume  $480 \text{ L ha}^{-1}$ , nas profundidades externa e interna, a cobertura foi semelhante nos três terços. Na profundidade intermediária, o terço superior apresentou a maior cobertura.

Para o volume de  $560 \text{ L ha}^{-1}$ , na profundidade externa, a porcentagem de cobertura foi semelhante nos três terços (Tabela 8). Nas profundidades intermediária e interna, a porcentagem de cobertura apresentou maiores valores no terço superior em relação ao terço inferior da cultura. Cunha et al. (2010), analisando a cobertura de gotas nos diferentes terços da planta de milho, afirmou que, no dossel superior da cultura do milho, ocorreu maior porcentagem de cobertura e, no terço inferior, menor cobertura de gotas, o que já era esperado, uma vez que o terço superior encontra-se mais próximo ao ponto de lançamento da gota.

**Tabela 8** - Porcentagens de cobertura proporcionadas por diferentes volumes de pulverização em função da posição de amostragem (terço) e profundidade na planta do tomateiro

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Terço da planta	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
400	Superior	28,53Aab	29,87Aa	34,66Aa
	Médio	32,69Aa	29,13Aa	28,8Aa
	Inferior	23,56Ab	17,65ABb	12,57Bb
480	Superior	28,71Ba	44,32Aa	26,17Ba
	Médio	30,22Aa	21,17Bb	22,23Ba
	Inferior	34,92Aa	25,05Bb	18,64Ba
560	Superior	30,62Aa	34,76Aa	32,88Aa
	Médio	35,65Aa	28,2Bab	27,16Bab
	Inferior	35,42Aa	26,97Bb	19,43Cb

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

Quando se comparam os volumes de aplicação dentro de cada terço e profundidade, verifica-se que a cobertura no terço superior, na profundidade externa, não houve diferença entre os volumes de calda aplicado (Tabela 9). Uma das estratégias para aumentar a cobertura é aumentar o volume de calda pulverizado, observa-se que o aumento de volume não aumentou a cobertura, possivelmente, houve desvio de trajetória das gotas da saída da ponta até o alvo ou volatilização da calda. Román et al. (2009), em estudos de aplicação de fungicidas na cultura da soja, utilizaram três volumes de pulverização (100, 150 e 200 L ha<sup>-1</sup>), não encontrando diferença significativa na porcentagem de cobertura de fungicida.

Na profundidade intermediária, os volumes de 480 e 560 L ha<sup>-1</sup> proporcionaram melhor cobertura, não havendo diferença entre eles (Tabela 9).

No terço médio, e profundidade intermediária, os maiores valores de cobertura foram verificados no volume de 560 L ha<sup>-1</sup>. Segundo Matuo et al. (2006), o aumento da cobertura pode ser obtido com o aumento no volume de aplicação. Devido a maior cobertura do alvo no terço médio, o volume de 560 L ha<sup>-1</sup> poderá ser utilizado na aplicação de defensivos, visando o controle de patógenos que iniciam a infecção no terço médio da planta.

Considerando o terço inferior das plantas, observou-se que o aumento do volume, proporcionou maior cobertura nas profundidades externa e intermediária, não havendo diferença na porcentagem de cobertura nos volumes de 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>. Observa-se que os volumes de aplicação de 400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup> proporcionaram a mesma porcentagem de cobertura na profundidade interna dos terços médio e inferior (Tabela 9). Nota-se que o aumento do volume de calda não acarretou em elevação da porcentagem de cobertura nas partes mais internas no dossel da planta (profundidade interna). Assim, quando o alvo for o terço inferior, na profundidade interna, o volume de 400 L ha<sup>-1</sup> poderá ser recomendado, pois, o uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores em valores expressivos, podendo ser o principal componente do desempenho operacional em diversas culturas (Román et al., 2009).

**Tabela 9** - Porcentagens de cobertura nas diferentes posições de amostragem (terço), em função do volume de pulverização e profundidade na planta de tomate

Terço da planta	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Profundidade		
		Externa	Intermediária	Interna
<b>Superior</b>	<b>400</b>	28,5a	29,8b	34,6a
<b>Superior</b>	<b>480</b>	28,7a	34,7a	26,17b
<b>Superior</b>	<b>560</b>	30,6a	44,3a	32,8ab
<b>Médio</b>	<b>400</b>	32,6a	28,2b	28,8a
<b>Médio</b>	<b>480</b>	30,2a	21,1b	22,2a
<b>Médio</b>	<b>560</b>	35,6a	29,1a	27,1a
<b>Inferior</b>	<b>400</b>	23,5b	17,6b	12,5a
<b>Inferior</b>	<b>480</b>	34,9a	25,0ab	18,6a
<b>Inferior</b>	<b>560</b>	35,4a	26,9a	19,4a

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

Considerando a quantidade de calda retida na folhagem do tomateiro (deposição) verificou-se interações duplas entre volume x terço, volume x profundidade e terço e profundidade, não havendo significância para a interação tripla (volume x terço x profundidade (Tabela 10).

**Tabela 10** - Análise de variância da deposição ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ), em função de diferentes volumes de calda, terços da planta e profundidades

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Quadrado Médio</b>
<b>Bloco</b>	3	0,00000 <sup>ns</sup>
<b>Volume</b>	2	0,00006 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (a)</b>	6	0,000000
<b>Terço (T)</b>	2	0,00001 <sup>*</sup>
<b>Volume x Terço</b>	4	0,00002 <sup>**</sup>
<b>Resíduo (b)</b>	18	0,000000
<b>Profundidade</b>	2	0,00010 <sup>**</sup>
<b>Volume x Profundidade</b>	4	0,00002 <sup>**</sup>
<b>Terço x Profundidade</b>	4	0,00001 <sup>**</sup>
<b>Volume x Terço x Profundidade</b>	8	0,00000 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo (c)</b>	54	0,000000
<b>C.V. (%) da parcela</b>	-	16,54
<b>C.V. (%) da subparcela</b>	-	22,09
<b>C.V. (%) da subsubparcela</b>	-	23,55

\* F significativo a 5%; \*\* F significativo a 1% de probabilidade.

Na Tabela 11 as médias da quantidade de calda retida na folhagem do tomateiro (deposição) em cada volumes de calda (400, 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>) nas três posições de amostragem (superior, médio e inferior).

Comparando-se os volumes de aplicação em cada posição de amostragem (Tabela 11), verifica-se que nos terços superior e inferior não houve diferença na deposição, independente do volume aplicado, isso era esperado, um vez que a porcentagem de cobertura também foi semelhante no terço inferior. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardes et al. (2014) trabalhando com diferentes volumes de aplicação (300, 400 e 500 L ha<sup>-1</sup>), verificaram que a deposição foi semelhante no perfil do tomateiro. No terço médio, a maior deposição foi observada no volume de 560 L ha<sup>-1</sup>.

Quando se compara os terços no mesmo volume de aplicação (Tabela 11), observa-se que o volume de 400 L ha<sup>-1</sup> proporcionou maior deposição no terço médio. A maior deposição de calda nesse terço, se deve ao efeito parede, devido a maior densidade de folhas no dossel da cultura, retém boa parte das gotas pulverizadas.

Nos volumes de 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>, não houve diferença na deposição nos diferentes terços da planta (superior, médio e inferior), demonstrando boa uniformidade de deposição no dossel da cultura.

Com os resultados, pode-se verificar que os volumes aplicados (480 e 560 Lha<sup>-1</sup>), promoveram distribuição da calda semelhante nos terços superior e inferior. Quando o alvo da pulverização for o terço superior ou inferior, os volumes de 480 e 560 Lha<sup>-1</sup>, mostraram-se eficientes na distribuição de calda ao longo do dossel do tomateiro, sendo o volume de 400 o mais recomendado, uma vez que redução do volume de calda é uma metodologia de grande potencial a ser utilizada na cultura do tomate estaqueado (Chaim et al., 1999).

**Tabela 11** - Valores médios dos depósitos do corante nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nos terços superior, médio e inferior do dossel, em três volumes de pulverização.

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Terço da planta		
	Superior	Médio	Inferior
<b>400</b>	0,0089aB	0,0063bA	0,0080aB
<b>480</b>	0,0075aA	0,0076bA	0,0070aA
<b>560</b>	0,0080aA	0,0113aA	0,0068aA

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

Desdobrando a interação volume x profundidade, observou-se, no Tabela 12, que na profundidades externa, independente do volume aplicado, a quantidade de calda retida na folhagem não diferiu estatisticamente, enquanto que na profundidade interna a maior deposição ocorreu no volume de 560 L ha<sup>-1</sup>.

Comparando-se as profundidades no mesmo volume de aplicação (Tabela 12), nos volumes de 480 e 560 L ha<sup>-1</sup>, foi detectada maior deposição na profundidade externa. Nessa posição os maiores volumes proporcionaram maior densidade de gotas nesta profundidade (Tabela 6). A explicação para os resultados obtidos é devido as folhas localizadas na profundidade externa estarem mais próximas das gotas pulverizadas, onde boa parte das gotas ficam retidas nas folhas externas. Em outro trabalho, Bernardes et al. (2014), avaliando a deposição da pulverização nas folhas do tomateiro utilizando-se volumes de 300, 400 e 500 L ha<sup>-1</sup> encontraram maior deposição na profundidade externa.

**Tabela 12** - Valores médios dos depósitos do corante nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nas profundidades externa, intermediária e interna das plantas de tomateiro, em três volumes de pulverização

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Profundidade		
	Externa	Intermediária	Interna
<b>400</b>	0,0098aAB	0,0103aA	0,0053bB
<b>480</b>	0,0098aA	0,0062bB	0,0062bB
<b>560</b>	0,0096aA	0,0063bB	0,0081aB

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

Considerando a interação terço x profundidade (Tabela 13), observa-se maior deposição na profundidade externa do terço superior. Esse resultado era esperado em função da maior exposição das folhas externas as gotas pulverizadas. Na profundidade intermediária, a deposição foi semelhantes no três terços avaliados.

Fixando-se o terço e variando a profundidade, verificou-se maior deposição na profundidade externa, nos terços superior e inferior (Tabela 13). No terço médio não houve diferença na deposição nas profundidades avaliadas. Os maiores valores de deposição foram observados nas posições externa e superior das plantas de tomateiro.

**Tabela 13** - Valores médios dos depósitos do corante nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha), nos terços superior, médio e inferior do dossel, em três profundidades

Terço da planta	Profundidade		
	Externa	Intermediária	Interna
<b>Superior</b>	0,0107aA	0,0075aB	0,0063abB
<b>Médio</b>	0,0088bA	0,0085aA	0,0079aA
<b>Inferior</b>	0,0097abA	0,0068aB	0,0053bB

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

#### 4. Conclusões

O atomizador, nos três volumes de calda avaliados, atendeu às expectativas, tanto de densidade de gotas e porcentagem de cobertura, para a aplicação de inseticida e fungicida na cultura do tomateiro.

Maior deposição ocorreu na profundidade externa, independente do volume aplicado.

Os volumes de calda utilizados não influenciaram a deposição nos terços superior e inferior das plantas de tomateiro, sendo que no terço médio a deposição foi maior com 560 L ha<sup>-1</sup>.

#### 5. Referências Bibliográficas

ASAE S572. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASAE Standards aug.99. St. Joseph, 2000. p.389-91.

ÁVILA, A. C. *et al.* Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 655-658, 2004.

BERNADES, A. M.; TEIXEIRA, M. M.; PICANÇO, M. C.; QUIRINO, A. L. S.; MACIEL, C. F. S.; SANTIAGO, H. Espectrofotometria da deposição de agrotóxico no dossel do tomateiro. **Ciência Agrárias**, v. 04, n. 1, p. 93-104, 2014.

CUNHA, J. P. A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.325-32, 2003.

CUNHA J. P. A. R; TEIXEIRA M. M.; FERNANDES H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.10-15, jan. 2007.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.366-372, 2010.  
DERKSEN, R.C.; BRETH, D.I. Orchard aircarrier spray application accuracy and spray coverage evaluations. **App.Eng. Agri.**, v.10. n.4, p. 463-470, 1994.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J. R.; GIL, E.; VAL, L. Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment. **ASAE**, 2006.

FORNAZIER, M. J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D. S. **Principais pragas da cultura do tomateiro estaqueado na região de montanhas do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2010. p. 185-226.

GUARANY. **Atomizador costal motorizado.** Disponível em: <http://www.guaranyind.com.br/equipamento/atomizador-costal-motorizado-18l..> Acesso em: 27 jun. 2016.

MATTHEWS G. A. Pesticide application methods. Malden: **Blackwell Science**, 432 p. 2000.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos de aplicação. In: ABEAS - **Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2006, 100 p.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010. 588p.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n. 2, p.127-37, 2000.

PAI, N.; SALYANI, M.; SWEEB, R.D. Adjusting airblast sprayer airflow based on tree foliage density. St. Joseph, MI: **ASABE**, 2008.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Escolha de traçadores para a avaliação dos depósitos de pulverização. **Scientia Agrícola**, Campina Grande, v. 62, n.5, p. 440-5, 2005.

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.

ROMÁN, R.A.A. et al. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, 2009.

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

SILVA, F.A.S. & AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **R. Bras de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOUZA, R.T. et al. Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp, p.75-82, 2007.

STEVENSON, W.R.; JAMES, R.V. **Evaluation of different sprayers technologies for fungicide application to control early and late blights**. *Vegetable Diseases Control Trials*, Wisconsin, p.21-8, 1997.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005).

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidade de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Técnica Superior de Ingenieros Agrônomos, Universidad Politécnica de Madrid, 1997.

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.

Virginia and West Wirginia Cooperative Extension Services 1989-1990. **Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers**. Publ. 456-419. West Virginia University. Morgantown, 1989 117 pp.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: KSU, Application Technology Series, 2000. 4 p.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos, tanto o foguetinho quanto o atomizador nos volumes avaliados podem ser utilizados para a aplicação de defensivos na cultura do tomateiro. Ambos os equipamentos apresentaram densidades de gotas satisfatórias em todos os volumes avaliados, de acordo com as recomendações de Matthews (2000), que recomenda a densidade de gotas necessária para uma ação eficiente de defensivos de 20 a 30 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para inseticida, 30 a 50 gotas  $\text{cm}^{-2}$  fungicida sistêmico e acima de 70 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicida de contato.

De acordo com a densidade de gotas obtida, o volume de 400 L  $\text{ha}^{-1}$  poderá ser recomendado, já que em todas as partes do dossel do tomateiro a densidade de gotas foi superior a 70 gotas  $\text{cm}^{-2}$ . Além disso, a utilização do menor volume de calda, possibilita maior rendimento operacional dos pulverizadores, o que torna favorável o uso do menor volume de calda.

No foguetinho, os benefícios à segurança do aplicador são propostos pelo fabricante e estão relacionados ao posicionamento do mesmo à frente da barra porta bicos, a fim de diminuir a exposição do aplicador a calda pulverizada. No entanto, seu uso no campo ainda dependera do avanço de pesquisas visando avaliar a exposição do aplicador a calda pulverizada, assim como novos ajustes nas pontas de pulverização e pressão de trabalho,

além de testes com produtos químicos para avaliar a porcentagem de cobertura, deposição de calda e eficiência do equipamento no controle de pragas e doenças localizadas nas diferentes partes do dossel do tomateiro.