

RAFAEL AUGUSTO SOARES TIBURCIO

**DESENVOLVIMENTO DE PULVERIZADOR VISANDO O
CONTROLE DE BROTAÇÕES NA REFORMA DE EUCALIPTO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

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

T

T554d
2014 Tiburcio, Rafael Augusto Soares, 1985-
Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de
brotações na reforma de eucalipto / Rafael Augusto Soares
Tiburcio. – Viçosa, MG, 2014.
ix, 83f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Mauri Martins Teixeira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Pulverização de eucalipto. 3. Herbicidas.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22. ed. 634.973766

RAFAEL AUGUSTO SOARES TIBURCIO

**DESENVOLVIMENTO DE PULVERIZADOR VISANDO O CONTROLE DE
BROTAÇÕES NA REFORMA DE EUCALIPTO**

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

APROVADA: 21 de fevereiro de 2014.

Gilton José Rodrigues
(Coorientador)

Luciano Baião Vieira

Leonardo D'Antonino

Paula C. Natalino Rinaldi

Mauri Martins Teixeira
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pelas oportunidades e por tudo de bom que tem acontecido na minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de cursar o Doutorado e realizar pesquisas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para a realização das pesquisas.

À Veracel Celulose, pelo apoio concedido para a realização das pesquisas na empresa.

Ao Professor Mauri Martins Teixeira, pela confiança e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus conselheiros, professores Haroldo Carlos Fernandes, Lino Roberto Ferreira e Gilton José Rodrigues, pelas valiosas contribuições e sugestões.

Aos meus amigos e colegas de laboratório André Quirino, Carlos Cesconetti, Christiam Maciel, Cleyton Alvarenga, Marcus Oliveira, Raphael Moreira, Robson Sasaki e Ronaldo Madureira, pelo apoio na realização dos trabalhos e pelos momentos de descontração.

À Professora Silvana Garcia, pelo apoio na realização das análises estatísticas.

Aos meus amigos e colegas da Veracel Celulose, principalmente da área de Tecnologia Florestal, Aline Vergani, Karina Zamprogno, Helton Lourenço e Sérgio Ricardo, pelas sugestões e pelo suporte na realização dos trabalhos.

Aos meus amigos e colaboradores da empresa Equilíbrio Florestal, Emmanuel Christo e Guilherme Queiroz, pelo apoio na instalação e avaliação dos experimentos.

Aos meus pais Vandick e Eunice e aos meus irmãos André, Lucas e Gabriel, pelo apoio e pela compreensão nos momentos difíceis.

BIOGRAFIA

RAFAEL AUGUSTO SOARES TIBURCIO, filho de Vandick Augusto Sales Tiburcio e Eunice Maria Soares Tiburcio, nasceu em 7 de Janeiro de 1985, na cidade de Viçosa, Minas Gerais.

Em 2003, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em Janeiro de 2008.

Em seguida, em Março de 2008, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Produção Vegetal da UFV, concluindo-o em Abril de 2010.

Em Agosto desse mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola da UFV, especificamente na área de concentração em Máquinas e Mecanização Agrícola e Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, submetendo-se à defesa da Tese em Fevereiro de 2014.

Em Julho de 2012, foi admitido na empresa Veracel Celulose, situada no município de Eunápolis, Bahia, onde atua na área de Tecnologia Florestal, desenvolvendo pesquisas voltadas para o Manejo Florestal.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVO GERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
REFERÊNCIAS	5
PARÂMETROS DE QUALIDADE DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO	7
RESUMO	7
ABSTRACT	8
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões	21
Referências	21
UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA HORIZONTAL DE LÍQUIDO DAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO	24
RESUMO	24
VOLUMETRIC DISTRIBUTION UNIFORMITY OF LIQUID HORIZONTAL SPRAY NOZZLES FOR HERBICIDES APPLICATION IN <i>Eucalyptus</i> PLANTATIONS	25
ABSTRACT	25
Introdução	26
Material e Métodos	28
Resultados e Discussão	30
Conclusões	38
Referências	38
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO EM ÁREAS DE REFORMA DE PLANTIO	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
Introdução	44
Material e métodos	46
Resultados e Discussão	50
Conclusões	58

Referências.....	58
EFICÁCIA DE CONTROLE QUÍMICO NA ERRADICAÇÃO DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO EM ÁREAS DE REFORMA DE PLANTIO.....	60
RESUMO	60
EFFICACY OF CHEMICAL CONTROL ON THE ERADICATION OF <i>Eucalyptus</i> SPROUTS IN REPLANTING AREAS.....	61
ABSTRACT	61
Introdução	62
Material e métodos.....	64
Resultados e Discussão	71
Conclusões	81
Referências.....	81

RESUMO

TIBURCIO, Rafael Augusto Soares, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de brotações na reforma de eucalipto.** Orientador: Mauri Martins Teixeira. Coorientadores: Gilton José Rodrigues, Haroldo Carlos Fernandes e Lino Roberto Ferreira.

Uma das grandes vantagens do cultivo do eucalipto é a capacidade das cepas emitirem brotações após o corte. Por essa razão, é possível optar pelo manejo de talhadia, ou seja, a condução dessas brotações, o que proporciona muitos benefícios ao ambiente, causando menos impactos do que as operações de reforma do plantio. Entretanto, alguns fatores podem interferir na condução da brotação, sendo mais viável a reforma. Quando a opção for pela reforma do plantio, é necessária a erradicação das brotações do eucalipto, sendo o que o manejo químico o mais utilizado. Objetiva-se com este estudo desenvolver e avaliar um sistema de controle de brotações de eucalipto em áreas de reforma. Primeiramente, foram avaliados os parâmetros de qualidade das pontas de pulverização mais comumente utilizadas na área florestal, utilizando-se o analisador de partículas a laser e a uniformidade de distribuição das pontas na barra. Concluiu-se que para aplicação de herbicida sistêmico em pós-emergência na cultura do eucalipto com melhor qualidade de espectro de gotas e menor risco de contaminação da cultura pela deriva, os modelos de pontas mais adequadas são as da série TTI e AI, respectivamente, pois apresentam maior homogeneidade de distribuição e menores valores de diâmetro mediano volumétrico, independente da pressão de trabalho. O modelo de pontas TFVS02, apesar do baixo risco de deriva, proporcionam qualidade de gotas inferior à das outras pontas estudadas. As pontas TJ6011002 proporcionam maior risco de contaminação por deriva e qualidade do espectro de gotas inferior aos das demais pontas estudadas. Em seguida, foi avaliado o perfil e a uniformidade de distribuição horizontal de líquido das pontas das séries AI e TTI em diferentes pressões de trabalho e alturas de pulverização em bancada-padrão. O

aumento de pressão tendeu a melhorar a uniformidade de distribuição volumétrica de líquido na barra para todos os modelos de pontas e alturas testadas. Na avaliação de uniformidade de distribuição horizontal de líquido, todas as pontas proporcionaram coeficiente de variação horizontal menor que 7%, quando utilizados altura e espaçamento recomendados pelo fabricante. Sendo assim, todas as pontas avaliadas são adequadas para pulverização. Tal fato proporcionou maiores possibilidades de trabalho com essas pontas. Devido à falta de implementos específicos, os equipamentos empregados na área florestal foram, em sua maioria, adaptações dos utilizados em cultivos agrícolas, o que, muitas vezes, é realizado de maneira inadequada. Após a seleção das pontas mais adequadas, desenvolveu-se e avaliou-se a uniformidade de distribuição vertical de líquido em uma barra porta-bicos, visando o controle da brotação. Essa barra era composta de três partes, sendo duas posicionadas na vertical e uma na horizontal. O perfil de distribuição e a uniformidade de distribuição volumétrica vertical das pontas foram determinados em um coletor vertical. O coeficiente de variação foi de 14,4% na ponta TTI110015, na pressão de 100 kPa, até 9,0% na ponta TTI110020, na pressão de 400 kPa. Sendo assim, a configuração de pontas mais uniforme é obtida utilizando o modelo TTI11002 na pressão de 400 kPa. Na última etapa, a barra foi testada no campo, com o objetivo de avaliar os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização e a eficácia do controle químico pela pulverização na erradicação de brotações de eucalipto em função do volume de calda e da concentração de herbicida utilizada na aplicação. As variáveis mais afetadas pelo índice volumétrico foram a porcentagem de gotas menores que 100 μm , a cobertura e a densidade de gotas que aumentaram com o incremento do índice volumétrico. Em relação à eficácia de controle, a concentração de 3% de herbicida não diferiu da testemunha em nenhum índice volumétrico. Já na concentração de 2% de herbicida, aos 90 dias após a aplicação, apenas os índices volumétricos de 45 e 60 mL m^{-3} não diferiram da testemunha.

ABSTRACT

TIBURCIO, Rafael Augusto Soares, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Development of a sprayer to control eucalyptus sprouts in replanting areas.** Adviser: Mauri Martins Teixeira. Co-Advisers: Gilton José Rodrigues, Haroldo Carlos Fernandes and Lino Roberto Ferreira.

A major advantage in the cultivation of eucalyptus is the ability of the stumps to produce sprouts after harvesting. Because of this, it is possible to opt for the management of coppice, ie, the conduction of these shoots, which provide many benefits to the environment, causing less impact than the reform of planting operations. However, some factors may interfere in the conduct of the shooting, what makes replanting more viable. When the decision is to replant the area, the eradication of *Eucalyptus* sprouts is required. Chemical treatment is the most used in this case. The objective of this work is to develop and evaluate a system for controlling *Eucalyptus* sprouts in replanting areas. First we assessed the quality parameters of the most used spray nozzles in the forest area using the laser particle analyzer and uniformity of distribution of the nozzles on the bar. It was concluded that for the purposes of systemic herbicide in post-emergence in culture of eucalyptus with better quality of droplet spectrum and lower risk of crop contamination by drift, the adequate models of nozzles are the series of TTI and AI, respectively, since they present greater homogeneity of distribution and smaller diameter values median volumetric, independent of the working pressure. The model of nozzles TFVS02, despite the low risk of drift, provides lower drops quality than the other nozzles studied. The nozzle TJ6011002 provide higher risk of contamination by drift and higher quality of the droplet spectrum than other nozzles studied. Then, we evaluated the profile and the uniformity of horizontal distribution of liquid for nozzles of series AI and TTI in different working pressures and times of spraying using a standard table. The increase of pressure tended to improve the distribution uniformity of volumetric liquid in the bar to all models of nozzles and heights tested. In the assessment of uniformity of

horizontal distribution of liquid, all the nozzles provided coefficient of horizontal variation lower than 7 %, when used height and spacing recommended by manufacturer. Thus, all evaluated nozzles are suitable for spraying. This fact has provided greater opportunities for work with these nozzles. Due to the lack of specific implements, the equipment used in the forest area are, in their majority, adjustments to the used in agricultural cultivations, which, many times, is inadequate. After the selection of the most appropriate nozzles, the uniformity of vertical distribution of liquid was developed and evaluated in a nozzle holder bar, aiming the control of sprouting. This bar was composed of three parts, two of which are positioned vertically and one horizontally. The distribution profile and the uniformity of vertical volumetric distribution of the nozzles were determined in a vertical collector. The coefficient of variation was 14.4% for the nozzle TTI110015, at a pressure of 100 kPa, up to 9.0% in the nozzle TTI110020 at a pressure of 400 kPa. Thus, an uniform configuration of the nozzles is obtained using the model TTI11002 in pressure of 400 kPa. In the last step, the bar was tested in the field, with the objective of evaluating the parameters related to the quality of the spray and the effectiveness of chemical control in the eradication of eucalyptus sprouts as a function of spray volume and the concentration of herbicide used in the application. The variables that were most affected by volumetric index were the percentage of drops smaller than 100 μm , the coverage and density of drops that increased with the increase of volumetric index. Related to the effectiveness of control, the concentration of 3% of herbicide did not differ from the control in any volumetric index. Though in the concentration of 2% of herbicide, at 90 days after the application, only the volumetric indices 45 and 60 mL m^{-3} did not differ from the control.

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da produção das empresas florestais e das demandas internacionais por produtos dessa cadeia tornou o Brasil um dos maiores exportadores de produtos florestais (VALVERDE, 2004). A competitividade do setor florestal brasileiro é crescente, em razão das condições climáticas e das tecnologias desenvolvidas no país.

O plantio de espécies florestais no Brasil totalizou cerca de 7,2 milhões de hectares em 2012, com produtividade média de $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ABRAF, 2013). Entre as espécies plantadas, o eucalipto é a que se destaca.

O eucalipto é uma árvore nativa da Austrália, do Timor e da Indonésia. No século XIX, começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal (PRYOR, 1976). As principais espécies cultivadas atualmente no Brasil incluem o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*, além dos híbridos, como o *Eucalyptus urograndis*.

O eucalipto possui grande capacidade de emitir brotações após o corte (FERRARI et al., 2005). Assim, a condução da brotação para a formação de um novo plantio, chamado de talhadia, é um sistema silvicultural de grande importância no setor florestal, especialmente para a produção de madeira de eucalipto em ciclos curtos (HIGA; STURION, 2000).

A capacidade de brotação das cepas é variável. Segundo Stape (1997), os fatores que influenciam a brotação são, em grande parte, conhecidos, destacando-se a espécie, procedência ou clone, sobrevivência, altura do corte, sombreamento, formigas-cortadeiras, cupins, tipo de solo, época de corte, interferência de plantas daninhas, época e forma de desbrota, danos às cepas e ao solo durante a colheita, déficit hídrico e precipitação pluvial.

Quando se opta por reformar a área, com o plantio de novas mudas na entrelinha do plantio anterior, as brotações de eucalipto tornam-se problema, pois, além de

provocarem sombreamento, competem com as mudas pelos recursos do ambiente, sendo necessário erradicá-las.

A escolha do método de erradicação deve levar em consideração as condições locais de mão de obra e de equipamentos, além dos aspectos ambientais e econômicos. Os métodos mais utilizados no controle de brotação são os mecânicos, utilizando a roçada e o destacamento, e os químicos, utilizando a cavadeira química e a aplicação de herbicida. O glyphosate é o herbicida mais utilizado em áreas de reflorestamento de eucalipto (TUFFI SANTOS et al., 2007).

Na aplicação de agrotóxicos é dada muito importância à dosagem do produto e ao volume de calda, deixando-se em segundo plano a tecnologia de aplicação. A eficiência da aplicação depende dos princípios da tecnologia de aplicação, que utilizam pontas de pulverização que propiciem distribuição homogênea e espectro de gotas uniforme e de tamanho adequado (CUNHA; SILVA, 2010).

As pontas de pulverização mais recomendadas para aplicação de herbicidas sistêmicos são as de jato plano (MINGUELA; CUNHA, 2010). Para caracterização da pulverização, são utilizados alguns parâmetros, entre eles o diâmetro de gotas, densidade de gotas e porcentagem de cobertura. A porcentagem de cobertura do alvo pela calda obtida na aplicação representa, na realidade, o objetivo final da pulverização (MADUREIRA, 2013).

No mercado, há diversas variações de pontas de pulverização de jato plano, entre elas estão as pontas de jato plano com indução de ar, que permitem a formação de gotas grandes com bolhas de ar em seu interior; pontas de jato plano duplo, que teoricamente auxiliam a penetração do jato pulverizado no dossel da cultura e as pontas de pulverização de jato plano defletor, onde o líquido se choca contra um plano inclinado, aumentando o ângulo de pulverização, assim como o tamanho das gotas (MINGUELA; CUNHA, 2010).

A escolha correta das pontas de pulverização é um dos fatores mais importantes para se obter uma aplicação eficiente. Essas são responsáveis pela qualidade de aplicação, visto que interferirá na vazão e cobertura do alvo (FERNANDES et al., 2007). Além disso, a utilização do número de pontas corretas e o espaçamento entre elas influenciam diretamente na uniformidade de distribuição da calda no alvo desejado.

O melhor equipamento, mais completo e mais moderno, será absolutamente ineficaz se este não estiver equipado com as pontas adequadas e em bom estado de conservação (MAGDALENA et al., 2010).

A eficiência da pulverização de agrotóxicos também depende de fatores característicos da cultura, como a estrutura do dossel, o estágio fenológico, a variedade, as técnicas de aplicação, as condições meteorológicas, o volume de calda e as doses do produto a ser aplicado. A combinação destes permite alcançar a eficácia e eficiência desejadas (LLORENS et al., 2010).

Independentemente do processo utilizado nas aplicações, é importante estabelecer os principais parâmetros, que sirvam de base para avaliar e controlar o processo utilizado, garantindo, dessa forma, a qualidade do tratamento com o mínimo dano ao homem e ao ambiente (RODRIGUES et al., 2008).

OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema de pulverização que proporcione o controle de brotações de eucalipto em áreas de reforma de plantio, com a máxima eficácia e a mínima perda por deriva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar os parâmetros de qualidade de pontas de pulverização para aplicação de herbicidas em plantios de eucalipto.
2. Avaliar a uniformidade de distribuição horizontal de líquido das pontas de pulverização para aplicação de herbicidas em plantios de eucalipto.
3. Desenvolver uma barra porta-bicos para controle de brotação de eucalipto em áreas de reforma de plantio e avaliar a uniformidade de distribuição vertical de líquido.
4. Avaliar os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização e a eficácia de controle químico da pulverização na erradicação de brotações de eucalipto em função do volume de calda e da concentração de herbicida utilizados na aplicação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS (ABRAF). **Anuário estatístico da Associação Brasileira de Florestas 2013**: ano base 2012. Brasília, DF: ABRAF, 2013. p. 129.

CUNHA, P. A. R.; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26, n.1, p. 52- 58, Jan./Feb. 2010.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 3, p. 728-733, Set./Dez. 2007.

FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de Eucalyptus em sistema de talhadia**. Colombo, PR: EMBRAPA FLORESTAS, 2005. 28 p.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Efeito do espaçamento na capacidade de brotação de *Eucalyptus viminalis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, n. 40, p. 77-83, Jan./Jun. 2000.

LLORENS, J.; GIL, E.; LLOP, J.; ESCOLA, A. Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency. **Crop Protection**, Oxford, v. 29, n. 3, p. 239-248, 2010.

MADUREIRA, R. P. **Pontas e adjuvantes no potencial risco de deriva em pulverizações de produtos fitossanitários**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2013.

MAGDALENA, J. C.; FERNANDEZ, D.; DI PRINZIO, A.; BEHMER, S. Passado y presente de la aplicación de agroquímicos em agricultura. In: MAGDALENA, J. C.; CASTILLO HERAN, B.; DI PRINCI, A.; HOMER BANNISTER, A.; VILLALBA, J. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Buenos Aires, Argentina: CYTED, 2010. p. 17-26.

PRYOR, L.D. **The biology of Eucalyptus**. The Institute of Biology's Studied in Biology 61. London: Edward Arnold, 1976. 78 p.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. T.; FILHO, E. I. F.; PICANÇO, M. C. Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p.199-207, Abr./Jun. 2008.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, SP, v. 11, n. 30, p. 51-62, 1997.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, M. V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.

VALVERDE, S. R. O comportamento do mercado da madeira de Eucalipto no Brasil. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 4, p. 393-403, 2004.

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

PARÂMETROS DE QUALIDADE DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO

RESUMO

Objetivou-se neste estudo, avaliar os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização produzida pelos modelos de pontas de pulverização com indução de ar AI110015, AI11002, TTI110015 e TTI11002; pontas defletoras TFVS02; e pontas de jato duplo TJ6011002, em cinco pressões de trabalho. As avaliações foram realizadas por meio do espectro de gotas em um analisador de partículas a laser em tempo real. Esse equipamento realiza as avaliações baseando-se na difração da trajetória da luz ao chocar com as gotas através de uma lente focal. Na pulverização, foi utilizada uma bomba acionada por um motor elétrico com potência de 1,5 kW. Os parâmetros utilizados na determinação da população de gotas foram diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (Span) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm . Conclui-se que para aplicação de herbicida sistêmico em pós-emergência na cultura do eucalipto com melhor qualidade de espectro de gotas e menor risco de contaminação da cultura pela deriva, os modelos de pontas mais adequadas são as da série TTI e AI, respectivamente, pois apresentam maior homogeneidade de distribuição e menores valores de diâmetro mediano volumétrico, independente da pressão de trabalho.

Palavras-chave: Espectro de gotas, Pressão de trabalho, Seleção de pontas hidráulicas, Analisador de gotas.

QUALITY PARAMETERS OF SPRAY NOZZLES FOR APPLICATION OF HERBICIDES IN *Eucalyptus* PLANTATIONS

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the parameters related to the quality of the spray produced by the models of spray nozzles with air induction AI110015, AI11002, TTI110015 and TTI11002; deflector nozzles TFVS02; and double jet nozzles TJ6011002, in five working pressures. The assessments were carried out through the droplet spectrum in a particle laser analyzer in real time. This equipment performs the evaluations based on diffraction of the trajectory of light when it clashes with the drops through a focal lens. For spraying, a pump driven by an electric motor with a power of 1.5 kW was used. The parameters used in determining the population of drops were volumetric median diameter (VMD), the relative amplitude (Span) and the percentage of drops with a diameter lower than 100 μm . It is concluded that for the purposes of systemic herbicide in post-emergence in eucalyptus culture with better quality of droplet spectrum and lower risk of crop contamination by drift, the most adequate models of nozzles are the series of TTI and AI, respectively, since they present greater homogeneity of distribution and smaller volumetric median diameter values, independent of the working pressure.

Keywords: Droplet spectrum, Working pressure, Hydraulic nozzle selection, droplets analyzer.

Introdução

Uma correta tecnologia de aplicação de agrotóxicos visa colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, minimizando impactos ao ambiente (MATTHEWS, 2002).

A parte da pulverização que não atinge o alvo desejado é denominada deriva e acarreta menor eficiência dos produtos, desperdício de insumos e danos econômicos aos plantios vizinhos e ao meio ambiente, devido à contaminação do solo, água e ar (GURGACZ, 2013). A deriva é uma das principais formas de perda de agrotóxicos e, conseqüentemente, de contaminação ambiental. A deriva de herbicidas não seletivos em plantios de eucalipto pode resultar em intoxicações e danos que reduzem a produtividade da cultura. Tuffi Santos et al. (2007, 2009) relataram mudanças no crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de eucalipto submetidas à deriva de Glyphosate, além de redução do potencial produtivo.

Os principais fatores que influenciam a deriva são as condições climáticas, a tecnologia de aplicação, as características do ambiente e as propriedades físico-químicas dos compostos (SCHAMPHELEIRE et al., 2008). Desta forma, condições climáticas, tais como temperatura alta, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade do vento são os fatores que mais contribuem para a deriva, sendo importante que a aplicação seja realizada em condições ideais. Segundo Raetano (2011) e Minguela e Cunha (2010), as condições meteorológicas consideradas favoráveis para a realização das pulverizações são amplamente citadas na literatura, sendo caracterizadas por temperaturas entre 15 e 30 °C, umidade relativa do ar maior que 55% e velocidade do vento variando de 2 a 10 km h⁻¹. Contudo, em várias situações, esses requisitos não são atendidos (ALVARENGA et al., 2012).

Em relação à tecnologia de aplicação, a escolha correta das pontas de pulverização representa uma das alternativas para redução de deriva (ANTUNIASSI, 2004). O tamanho adequado das gotas possui importância fundamental na deposição do ingrediente ativo sobre o alvo correto, com a minimização de perdas ou deriva. A

escolha correta da ponta de pulverização é um dos passos mais importantes da regulagem de um pulverizador (FERREIRA et al., 2010).

O espectro de gotas produzido pelas pontas de pulverização é um dos responsáveis pela qualidade e eficiência da aplicação de agrotóxicos. Os parâmetros de maior importância na determinação da população de gotas são o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (Span) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm .

Na determinação da amplitude relativa (Span), que indica a amplitude do espectro de gotas da pulverização, quanto mais próximos os valores estiverem de um, mais uniforme será o espectro e, quanto maior o valor, mais desuniforme serão as gotas. Esse parâmetro é um dos melhores indicadores da homogeneidade da pulverização (HEWITT et al., 2006). Nas pontas de pulverização que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas, muitas vezes, é bastante desuniforme, dificultando a boa cobertura do alvo (CUNHA et al., 2007).

Essas características, conjuntamente, definem o tamanho característico das gotas produzidas por determinada ponta de pulverização, a homogeneidade e o potencial de deriva de gotas (VIANA et al., 2010).

Atualmente, as pontas mais utilizadas na área florestal são as pontas com indução de ar. Elas possuem uma entrada de ar, de modo que utilizam um Venturi para aumentar a velocidade do líquido e succionar o ar pelas aberturas laterais. Geralmente, estes bicos produzem uma pulverização grossa com menos risco de pulverizações.

Além destas, há as pontas defletoras, que possuem um grande orifício cilíndrico, por onde o líquido passa e colide em alta velocidade com uma superfície lisa, elevando o grau de incidência da aplicação e as pontas com jato duplo, que possuem potencial de uso devido à maior penetração em aplicações onde o alvo possui grande área foliar.

Outro fator importante é a pressão de trabalho. Cunha et al. (2007) verificaram, através de analisador de gotas a laser, que o diâmetro das gotas diminuiu com o incremento da pressão. Já Costa et al. (2007) observaram que a redução na pressão pode ser utilizada para controle de deriva, mas a seleção adequada de uma ponta é mais eficiente para esse propósito.

Entre as metodologias utilizadas para o estudo do espectro de gotas, a mais comum é por meio de etiquetas hidrossensíveis. Essas etiquetas apresentam em uma de suas faces o azul de bromofenol. Em contato com a água, ocorre a ionização dessa substância, ficando o local do contato com coloração azul. Essa coloração contrasta

com o amarelo, que é a cor de fundo do papel, permitindo, assim, a caracterização do tamanho e do formato das gotas depositadas nela.

Novas metodologias têm sido utilizadas para determinar o tamanho das gotas no ar, e o analisador de partículas tem-se destacado devido à grande precisão e simplicidade na aquisição dos dados (ALVARENGA, 2012).

Nesses equipamentos, segundo Nuyttens et al. (2009), o desvio que ocorre no feixe de luz do laser depende do tamanho da partícula e, quanto menor a partícula, maior o grau de difração que o raio de luz sofre.

Neste estudo, objetivou-se avaliar os fatores relacionados à qualidade da pulverização produzida por diferentes modelos de pontas de pulverização de jato plano em cinco pressões de trabalho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aplicação de Agrotóxicos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Para realização da pulverização, foi utilizado um pulverizador da marca Yamaho com rotação de 700 a 900 rpm, potência de 0,75 a 1,12 kW, pressão máxima de 3.516 kPa e vazão nominal entre 8 e 11 L min⁻¹, acionado por um motor elétrico Weg com rotação de 3.570 rpm e potência de 1,5 kW (Figura 1).



Figura 1 - Bomba hidráulica utilizada no experimento.

A análise do espectro de gotas foi realizada utilizando um analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.). Esse equipamento realiza as avaliações baseando-se na difração da trajetória da luz ao chocar com as gotas através

de uma lente focal de 750 mm que contabiliza as gotas de 0,10 a 2.500 μm . O desvio que os raios sofrem depende do tamanho de partícula. Quanto menor a partícula, maior o grau de difração dos raios (BARRÊTO, 2011). O equipamento foi interligado a um computador que armazena os dados analisados por meio do *software* Mastersizer-S v.3.2.

O corpo do bico e o manômetro foram acoplados a uma barra giratória acionada por um motor elétrico motorreductor tipo CEP de 12 V, de modo que a ponta de pulverização ficasse posicionada a 0,40 m do feixe óptico e o jorro atingisse transversalmente o feixe luminoso (Figura 2).



Figura 2 - Analisador de partículas a laser.

Para regulagem da pressão, foi utilizado um manômetro, marca Famabras, classificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como classe B, com fundo de escala de 0 a 1.000 kPa e divisão de 10 kPa, aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulica, equipada com manômetro Salcas, classe A3, com precisão de $\pm 0,25\%$ e divisão de 10 kPa segundo a norma NBR-12446/1992. O manômetro utilizado apresentou 99,49% de precisão quando comparado com o manômetro da mesa-padrão (Figura 3).

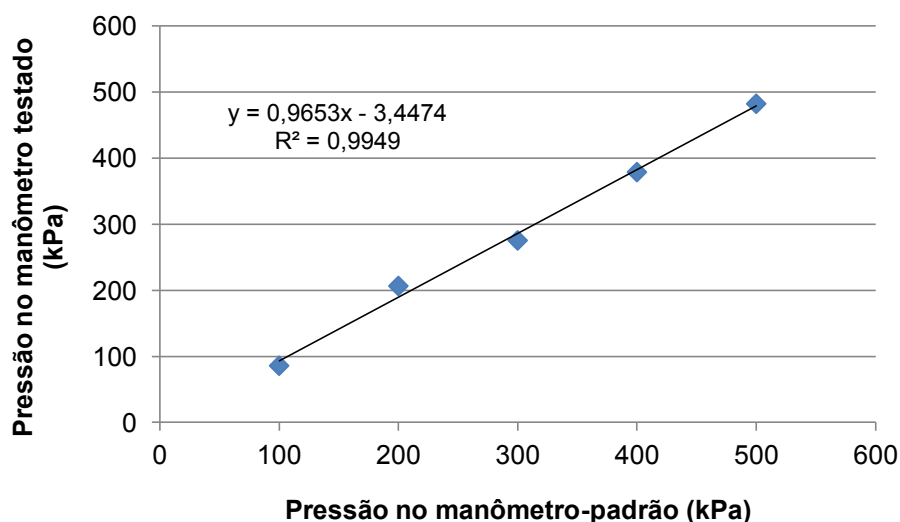


Figura 3 - Calibração do manômetro utilizado no experimento.

Foram avaliadas seis modelos de pontas de pulverização recomendadas para aplicação de herbicidas pelo fabricante Teejet, sendo quatro de jato plano com indução de ar, as mais utilizadas na área florestal, uma ponta de jato plano defletor e uma ponta jato plano duplo à título de comparação (Figura 4). Cada ponta foi testada nas pressões de trabalho de 100, 200, 300, 400 e 500 kPa.







Modelo	Tipo	Imagem	Pressão	Tipo	Imagem
AI110015	Jato plano com indução de ar		TTI11002	Jato plano com indução de ar	
AI11002	Jato plano com indução de ar		TFVS02	Jato plano defletor	
TTI110015	Jato plano com indução de ar		TJ6011002	Jato plano duplo	

Figura 4 - Pontas de pulverização utilizadas no experimento.

No ensaio, utilizou-se água pura, conforme metodologia utilizada por Camara et al. (2008) e Cunha et al. (2010). Os dados climáticos foram monitorados por um medidor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Kestrel 3000. A temperatura média obtida durante as avaliações foi de 20 °C e umidade relativa do ar de 79%.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial, com nove repetições, sendo cada repetição uma unidade de ponta de pulverização.

Os parâmetros obtidos através da análise foram $D_{v0,1}$; $D_{v0,5}$; $D_{v0,9}$; Span e porcentagem de gotas abaixo de 100 μm . O $D_{v0,5}$ ou DMV é o diâmetro de gota, tal que 50% do volume do líquido é constituído de gotas menores que esse valor. O $D_{v0,1}$ e $D_{v0,9}$ são, respectivamente, o diâmetro de gota, tal que 10% e 90% do volume do líquido são constituídos de gotas menores, abaixo desses valores. Esses parâmetros são utilizados para determinação da amplitude relativa (Span) pela equação 1.

$$\text{Span} = \frac{(D_{v0,9} - D_{v0,1})}{(D_{v0,5})} \quad (1)$$

em que:

Span = amplitude relativa (adimensional);

$D_{v0,9}$ = diâmetro de gota, tal que 90% do volume do líquido é constituído de gotas menores que esse valor (μm);

$D_{v0,1}$ = diâmetro de gota, tal que 10% do volume do líquido é constituído de gotas menores que esse valor (μm); e

$D_{v0,5}$ = diâmetro de gota, tal que 50% do volume do líquido é constituído de gotas menores que esse valor (μm).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. O efeito do modelo das pontas, dentro de cada pressão, foi analisado por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para verificar o efeito da pressão, foram ajustados modelos de regressão, e a escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste t ($P < 0,05$). A análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* Statistica 7.

Resultados e Discussão

Em todos os parâmetros analisados houve efeito significativo dos fatores modelo de ponta de pulverização e pressão, assim como a interação entre os dois fatores (Quadro 1).

Quadro 1 - Resumo da análise de variância dos dados de diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (Span) e porcentagem de gotas menores que 100 µm

FV	GL	Quadrados Médios		
		DMV	Span	% < 100 µm
Pontas (Po)	5	12052733,1766 *	17,9935 *	4019,1604 *
Pressão (Pr)	4	10235169,2783 *	7,6667 *	1025,1068 *
Po x Pr	20	1311548,4976 *	3,9064 *	1010,9611 *
Blocos	8	35502,4065	2,6491	70,9231
Resíduo	232	640595,5957	92,4505	1550,4824

* F significativo a 5% de probabilidade.

Na análise do DMV, o efeito do modelo das pontas de pulverização dentro de cada pressão foi analisado empregando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Quadro 2).

Quadro 2 - Diâmetro da mediana volumétrica das pontas de pulverização (µm)

Pontas	Pressão (kPa)				
	100	200	300	400	500
TTI110015	1222,67 a	1018,86 a	791,49 a	636,36 a	571,57 a
TTI11002	1280,00 a	962,47 a	767,26 a	649,96 a	594,41 a
AI110015	1074,09 b	712,60 b	520,00 b	461,26 b	399,13 b
AI11002	1041,77 b	698,69 b	533,60 b	479,31 b	413,99 b
TFVS02	736,41 c	582,49 c	405,53 c	362,98 c	341,69 c
TJ6011002	372,73 d	243,61 d	234,94 d	176,60 d	174,48 d

Em cada pressão, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em todas as pressões analisadas, o DMV das pontas série TTI não diferiram entre eles e apresentaram os maiores valores, seguidas pelo DMV das pontas série AI que, também, não diferiram estatisticamente entre si. O DMV das pontas TFVS02 e

TJ6011002 apresentaram os menores valores dentro de todas as pressões avaliadas, diferindo de todas as pontas em todas as pressões.

O efeito da pressão dentro de cada modelo de ponta foi analisado por meio de análise de regressão (Figura 5). Para isso, foi ajustado o modelo logístico (equação 2).

$$Y = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 e^{-\beta_2 X})} \quad (2)$$

em que:

Y = diâmetro da mediana volumétrica (μm);

X = pressão de trabalho (kPa); e

β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão, conforme Quadro 3.

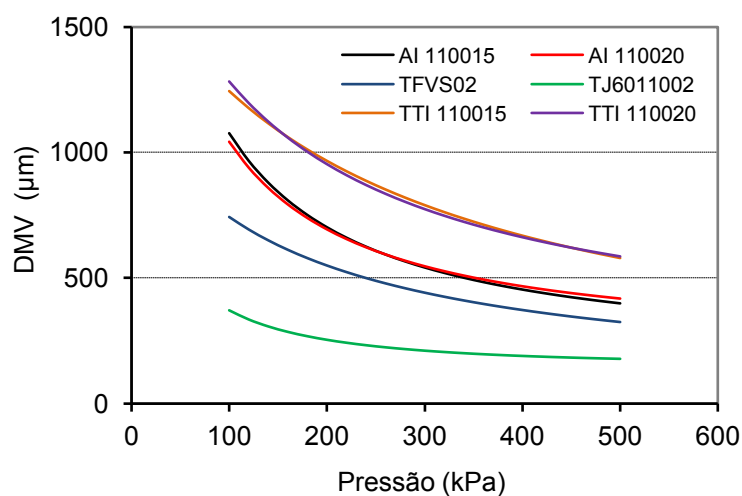


Figura 5 - Diâmetro da mediana volumétrica das pontas de pulverização.

Quadro 3 - Estimativa dos coeficientes de regressão do DMV das pontas de pulverização

Pontas	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	r^2
TTI110015	4,399726	-0,997485	0,001023	0,9480
TTI11002	283,110254	-0,863861	0,103147	0,9721
AI110015	234,838251	-0,918926	0,161769	0,9613
AI11002	292,093065	-0,894919	0,217816	0,9745
TFVS02	102,773870	-0,913387	0,058244	0,9194
TJ6011002	160,093892	-0,874977	0,432231	0,4778

O aumento de pressão em todas os modelos de pontas proporcionou a diminuição do DMV. Segundo a classificação da Associação Americana de Engenharia Agrícola ASAE (2000), onde as gotas são classificadas como extremamente grossas (> 450 µm), muito grossas (375 µm - 450 µm), grossas (250 µm - 375 µm), médias (175 µm - 250 µm), finas (100 µm - 175 µm) e muito finas (< 100 µm); somente as gotas das pontas série TTI foram classificadas como extremamente grossas em todas as pressões avaliadas. Com o aumento da pressão a 500 kPa, as gotas das pontas série AI passaram da classe extremamente grossas para muito grossas. As gotas das pontas TFVS02 a partir de 200 kPa passaram de extremamente grossas para muito grossas e, a partir de 300 kPa, para grossas. As gotas das pontas TJ6011002 a 100 kPa foram classificadas como grossas, a partir de 200 kPa como médias e, a partir de 400 kPa, como gotas finas.

Viana et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes para as pontas TTI110015 e AI110015, onde o DMV diminui com o aumento da pressão de 200 kPa até 400 kPa. O sistema Venturi presente nas pontas TTI, combinado com o pré-orifício, permite a formação de gotas de maior tamanho com pequenas bolhas de ar em seu interior (NUYTTENS et al., 2007).

Na análise da amplitude relativa, o efeito dos modelos de pontas de pulverização, dentro de cada pressão, foi analisado por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade (Quadro 4).

Quadro 4 - Amplitude relativa das pontas de pulverização (adm)

Pontas	Pressão (kPa)				
	100	200	300	400	500
TTI110015	1,10 b	1,34 b	1,54 b	1,64 b	1,61 b
TTI11002	1,01 b	1,39 b	1,54 b	1,59 b	1,77 ab
AI110015	1,26 b	1,60 b	1,51 b	1,49 b	1,46 bc
AI11002	1,30 b	1,52 b	1,54 b	1,53 b	1,53 bc
TFVS02	1,85 a	2,04 a	2,06 a	2,31 a	2,09 a
TJ6011002	1,69 a	1,54 b	1,57 b	1,64 b	1,23 c

Em cada pressão, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

O efeito da pressão dentro de cada modelo de ponta foi analisado por meio da análise de regressão (Figura 6). Para isso, foi ajustado o modelo quadrático (equação

3). Não foi possível ajustar qualquer modelo para a ponta TJ6011002, devido à dispersão dos dados.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 \quad (3)$$

em que:

Y = amplitude relativa (adimensional);

X = pressão de trabalho (kPa); e

β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão, conforme Quadro 5.

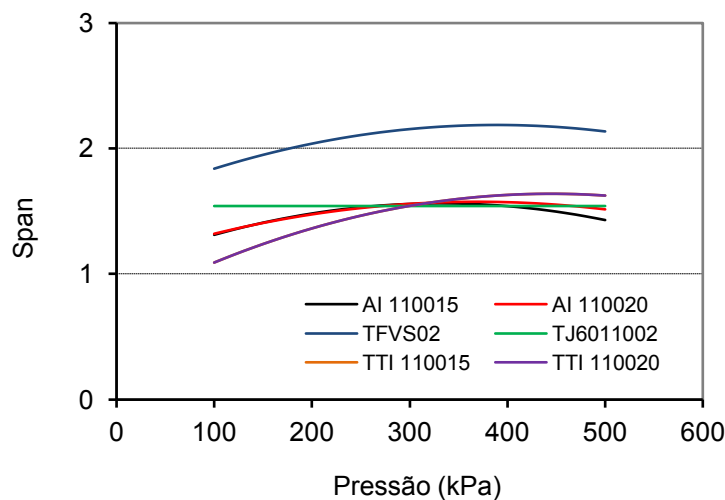


Figura 6 - Amplitude relativa das pontas de pulverização.

Quadro 5 - Estimativa dos coeficientes de regressão da amplitude relativa das pontas de pulverização

Pontas	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	r^2
TTI110015	0,723556	0,411286	-0,046270	0,8847
TTI11002	0,568922	0,518035	-0,062254	0,9335
AI110015	1,047556	0,311460	-0,046984	0,4476
AI11002	1,098000	0,257159	-0,034841	0,5340
TFVS02	1,554444	0,324698	-0,041746	0,5172
TJ6011002	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,53$			

Pela análise do Span, observou-se que as pontas série AI apresentaram homogeneidade adequada até a pressão de 100 kPa e as pontas série TTI até a

pressão de 200 kPa. A partir desse valor, a amplitude relativa aumenta para todas as pontas de pulverização, ocorrendo suave decréscimo novamente na pressão de 500 kPa. Estatisticamente, as pontas das séries AI e TTI não diferiram entre elas em nenhuma pressão avaliada. As pontas TJ6011002 diferiram das outras nas pressões de 100 e 500 kPa, e as pontas TFVS02 diferiram das outras em todas as pressões avaliadas.

O DMV e a amplitude relativa devem ser analisados conjuntamente na caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor.

Na análise da porcentagem de gotas abaixo de 100 µm, o efeito do modelo de pontas de pulverização, dentro de cada pressão, foi analisado por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade (Quadro 6).

Quadro 6 - Porcentagem de gotas menores que 100 µm das pontas de pulverização

Pontas	Pressão (kPa)				
	100	200	300	400	500
TTI110015	0,00b	0,14b	0,67c	1,35c	1,49c
TTI11002	0,00b	0,28b	0,64c	1,32c	1,57c
AI110015	0,07ab	0,73b	2,02bc	2,84c	3,62c
AI11002	0,19ab	0,81b	1,67bc	2,51c	3,31c
TFVS02	1,11ab	1,81b	3,39b	5,43b	6,42b
TJ6011002	2,22a	7,82a	8,95a	16,27a	17,65a

Em cada pressão, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

O efeito da pressão dentro de cada modelo de ponta foi analisado por meio de análise de regressão (Figura 7). Para isso, foi ajustado o modelo logístico (equação 4).

$$Y = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 e^{-\beta_2 X})} \quad (4)$$

em que:

Y = porcentagem de gotas menores que 100 µm (%);

X = pressão de trabalho (kPa); e

β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão, conforme Quadro 7.

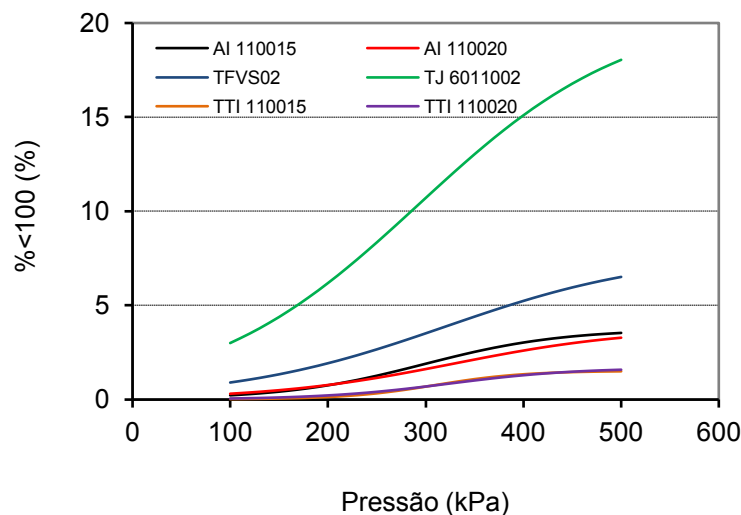


Figura 7 - Porcentagem de gotas menores que 100 µm das pontas de pulverização.

Quadro 7 - Estimativa dos coeficientes de regressão da porcentagem de gotas menores que 100 µm

Pontas	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	r^2
TTI110015	1,521090	943,496305	2,212923	0,8822
TTI11002	1,685602	149,045806	1,545213	0,7042
AI110015	3,735210	67,597995	1,413203	0,8804
AI11002	3,795074	33,858469	1,072182	0,8977
TFVS02	7,761587	18,980425	0,917631	0,8742
TJ6011002	20,706462	14,795300	0,920457	0,6760

Segundo Cunha (2003), valores abaixo de 15% de gotas com diâmetro inferior a 100 µm são adequados para aplicações seguras, com menor risco de deriva. Observa-se que todas as pontas aumentaram a porcentagem de gotas menores que 100 µm com o aumento da pressão de trabalho. Entretanto, apenas as pontas TJ6011002 nas pressões de 400 e 500 kPa excedem 15%, percentual esse considerado inadequado. As pontas com indução de ar são as mais adequadas para evitar a deriva, porque formam gotas que contêm ar dentro de si e aumentam de tamanho (BUTLER ELLIS et al., 2002).

Ferreira et al. (2010), comparando as pontas TTI110015 e AI110015, demonstraram que as pontas TTI110015 apresentaram maior DMV e menor porcentagem de gotas menores que 100 µm em relação à AI110015, assim como neste

trabalho. Essa diferença pode ser atribuída às pontas TTI110015, pois, além de possuírem a indução de ar, contêm jato defletor, que possibilita a produção de gotas maiores. Ao quantificar a deriva gerada por pontas de pulverização com e sem indução de ar, Gandolfo et al. (2013) verificaram que as pontas de jato plano com indução de ar (AVI110015) proporcionaram menor deriva em relação à ponta jato plano padrão (AXI110015) em todos os tipos de calda testados.

Conclusões

Para aplicação de herbicida sistêmico em pós-emergência na cultura do eucalipto com melhor qualidade de espectro de gotas e menor risco de contaminação da cultura pela deriva, os modelos de pontas mais adequadas são as da série TTI e AI, respectivamente, pois apresentam maior homogeneidade de distribuição e menores valores de diâmetro mediano volumétrico, independente da pressão de trabalho.

O modelo de pontas TFVS02, apesar do baixo risco de deriva, proporcionam qualidade de gotas inferior à das outras pontas estudadas. As pontas TJ6011002 proporcionam maior risco de contaminação por deriva e qualidade do espectro de gotas inferior aos das demais pontas estudadas.

Referências

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efficiency of the spray tip using hydraulic hollow cone from the spectral analysis of the droplets. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, PR, v. 5, n. 3, p. 41-50, Sep./Dec. 2012.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Boletim de Pesquisa de Soja**, Rondonópolis, MT, v. 8, p. 165-177, 2004.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de soja 2009**, Rondonópolis, MT, v. 13, p. 299-317, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING – ASAE S572. Spray nozzle classification by droplet spectra. **ASAE Standards**, St. Joseph, v. 200, p. 389-391, 2000.

BARRÊTO, A. F. **Avaliação de parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja.** 2011. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – UNESP, Jaboticabal, SP, 2011.

BUTLER ELLIS, M. C.; SWAN, T.; MILLER, P. C. H.; WADDELOW, S.; BRADLEY, A.; TRUCK, C. R. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, London, v. 82, n. 3, p. 289-296, 2002.

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, SP, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, 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, SP, v. 27, p. 10-15, 2007. Número especial.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, p. 1153-1158, 2010.

FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto.** 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. 140 p.

GANDOLFO, M. A.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 3, p. 474-480, Jul./Set. 2013.

GURGACZ, F. **Utilização de barra auxiliar de pulverização de água para reduzir a deriva de defensivos agrícolas.** 2013. 53 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2013.

HEWITT, A.; O'DONNELL, C.; WOODS, N.; DORR, G. Atomisation modelling for Spray applications. **Aspects of Applied Biology**, London, v. 77, p. 147-153, 2006.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. London: Blackwell, 2000. 432 p.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, London, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; VERBOVEN, P.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 52, n. 5, p. 1471-1480, 2009.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte; Botucatu, SP: FEPAF, 2011. 279 p.

SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Bedford, v. 9, p. 1-12, 2008.

TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 133-137, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; TIBURCIO, R. A. S.; MACHADO, A. F. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v. 69, n. 1, p. 129-136, 2009.

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

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA HORIZONTAL DE LÍQUIDO DAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO

RESUMO

A uniformidade de deposição da calda sobre o alvo é importante para que haja eficácia do produto aplicado. Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição da pulverização é por meio da análise de deposição do produto na área, expressa pelo coeficiente de variação. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição e menor a uniformidade da aplicação. Assim, objetivou-se avaliar o perfil e a uniformidade de distribuição horizontal de líquido das pontas AI110015, AI11002, TTI110015 e TTI11002 em diferentes pressões de trabalho e alturas de pulverização. O perfil de distribuição e a uniformidade de distribuição horizontal de líquido das pontas foram determinados em bancada-padrão. Na avaliação de uniformidade de distribuição horizontal de líquido, todas as pontas proporcionaram um coeficiente de variação horizontal menor que 7% quando utilizados altura e espaçamento recomendados pelo fabricante. O aumento de pressão tendeu a melhorar a uniformidade de distribuição volumétrica de líquido na barra para todos os modelos de pontas e alturas testadas. Na avaliação de uniformidade de distribuição horizontal de líquido, todas as pontas proporcionaram coeficiente de variação horizontal menor que 7%, quando utilizados altura e espaçamento recomendados pelo fabricante. Sendo assim, todas as pontas avaliadas são adequadas para pulverização.

Palavras-chave: Barra de pulverização, Pontas de pulverização, Eficiência de aplicação.

VOLUMETRIC DISTRIBUTION UNIFORMITY OF LIQUID HORIZONTAL SPRAY NOZZLES FOR HERBICIDES APPLICATION IN *Eucalyptus* PLANTATIONS

ABSTRACT

The uniformity of spray deposition on the target is important to ensure the efficacy of the applied product. One way to quantify the uniformity of distribution of the spray is through the analysis of the product deposition in the area, expressed by the coefficient of variation. The larger the coefficient of variation, the greater the variation in distribution and lower the uniformity of application. Thus, this work aimed to evaluate the profile and the uniformity of volumetric horizontal distribution of nozzles AI110015, AI11002, TTI110015 and TTI11002 in different operational pressures and heights of spray. Thus, this work aimed to evaluate the profile and the uniformity of volumetric horizontal distribution of nozzles AI110015, AI11002, TTI110015 and TTI11002 in different operational pressures and heights of spray. The distribution profile and the distribution uniformity of volumetric horizontal nozzles were determined in a standard table. On the evaluation of horizontal uniformity of liquid distribution, all the nozzles provided a horizontal variation coefficient below 7%, when used in height and spacing recommended by the manufacturer. The increase of pressure tended to improve the volumetric distribution uniformity of liquid in the bar for all models of nozzles and heights tested. In the assessment of the volumetric distribution uniformity of liquid, all the nozzles provided a coefficient of variation horizontal lower than 7 %, when used height and spacing recommended by the manufacturer. Thus, all evaluated nozzles are suitable for spraying.

Keywords: Spray boom, Nozzles, Efficiency of application.

Introdução

Entre os métodos de controle de plantas daninhas, o mecânico e o químico são os mais utilizados na área florestal. Comparado ao controle mecânico, o controle químico de plantas daninhas apresenta vantagens, como economia de custos com mão de obra, além de apresentar maior agilidade na obtenção de resultados, principalmente em áreas extensas (GONÇALVES et al., 2011). Embora haja aumento na utilização de agrotóxicos, existe crescente cobrança da sociedade por um manejo que promova menor impacto ao ambiente (CHECHETTO, 2011).

Na eucaliptocultura, após um ciclo de produção, pode-se optar por conduzir a brotação ou reformar o plantio de eucalipto. Um dos principais fatores que influenciam a opção pela reforma é o aumento da produtividade de novos clones, devido ao melhoramento genético e, além disso, a mortalidade de árvores e a não brotação das cepas (ANDRADE et al., 1997).

Quando se opta por reformar a área com o plantio de novas mudas, as brotações de eucalipto do ciclo anterior tornam-se problema, pois, além de provocarem sombreamento, competem com as mudas pelos recursos do ambiente. Assim, além da aplicação convencional de herbicidas para controle das plantas daninhas, os herbicidas também têm sido usados na erradicação das brotações.

Os pulverizadores hidráulicos de barras são as máquinas mais utilizadas na aplicação dos agrotóxicos, e a escolha e forma de uso desses equipamentos são fundamentais para que se obtenha ação eficaz (DORNELLES et al., 2009). Segundo Cunha et al. (2004), muitas vezes as pulverizações podem produzir o efeito desejado, porém de forma ineficiente, porque não se utilizou a melhor técnica disponível ou o melhor equipamento de aplicação, que determinaria o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados.

Atualmente, as pontas hidráulicas mais utilizadas na área florestal são as pontas com indução de ar. Elas possuem uma entrada de ar, de modo que utilizam um Venturi para aumentar a velocidade do líquido e succionar o ar pelas aberturas laterais.

Geralmente, estes bicos produzem uma pulverização grossa com menos risco de pulverizações.

A uniformidade de deposição da calda sobre o alvo é importante para que haja eficiência do produto aplicado (GURGACZ, 2013). Todavia, Marti et al. (2006), avaliando a tecnologia de agrotóxicos em plantas arbóreas, concluíram que essa distribuição uniforme é difícil de ser alcançada, embora de suma importância.

Segundo Bauer e Raetano (2004), os principais fatores que influenciam a uniformidade de distribuição são o espaçamento entre pontas, a pressão de trabalho, a altura da barra em relação ao alvo e o ângulo de abertura do jato das pontas de pulverização.

Independentemente do processo utilizado nas aplicações, é importante estabelecer os principais parâmetros que sirvam de base para avaliar e controlar o processo utilizado, garantindo, dessa forma, a qualidade do tratamento com o mínimo efeito danoso ao homem e ao ambiente (RODRIGUES et al., 2008).

Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição da pulverização é por meio da análise de deposição do produto na área, expressa pelo coeficiente de variação da distribuição volumétrica. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a variação da distribuição e menor a uniformidade da aplicação.

Distribuição desuniforme de calda, abaixo do volume mínimo exigido, produz controle insuficiente, e quantidades acima causam perdas financeiras, intoxicação nas culturas e danos ao ambiente (CORDEIRO, 2001).

Os padrões adequados de CV são de 10 a 15% (WOLF; SMITH, 1979; DeBOER; WIENS, 1983; FAO, 1997), e valores acima desse limite podem ser indicativos de pontas de pulverização desgastadas, pontas diferentes na barra, espaçamento variado entre bicos ou má qualidade das pontas (SASAKI et al., 2011). No entanto, a norma UNE-EN 12761:2 (2002) estabelece que, na uniformidade de distribuição, o coeficiente de variação (CV) da sobreposição de jatos seja menor que 7% quando utilizados altura, espaçamento e pressão recomendados pelo fabricante e de até 9% em configuração distinta (VIANA et al., 2010).

Segundo Alvarenga et al. (2012), o coeficiente de variação é o método mais preciso para representar a distribuição da calda ao longo da barra, pois compila os dados obtidos na mesa de ensaios e fornece resultado resumido da variação dentro de determinada distribuição.

Diante do exposto, objetivou-se neste estudo, avaliar a distribuição volumétrica horizontal de diferentes modelos de pontas de pulverização de jato plano com indução de ar em cinco pressões de trabalho e três alturas do alvo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* de Viçosa, Minas Gerais.

Os dados climáticos foram monitorados por um medidor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Kestrel 3000. A temperatura média obtida durante as avaliações foi de 21 °C e umidade relativa do ar de 72%.

O ensaio foi realizado em esquema fatorial 4 x 5 x 3, constituído por quatro modelos de pontas de pulverização de jato plano com indução de ar, cinco pressões de trabalho (100, 200, 300, 400 e 500 kPa) e três alturas de pulverização (0,40; 0,50; e 0,60 m), totalizando 60 tratamentos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições.

Os modelos de pontas de pulverização utilizadas são recomendados para aplicação de herbicidas pelo fabricante Teejet e estão entre os mais utilizados na área florestal (Figura 1).



Modelo	Tipo	Imagem	Pressão	Tipo	Imagem
AI110015	Jato plano com indução de ar		TTI110015	Jato plano com indução de ar	
AI11002	Jato plano com indução de ar		TTI11002	Jato plano com indução de ar	

Figura 1 - Pontas de pulverização utilizadas no experimento.

O perfil de distribuição e a uniformidade de distribuição volumétrica horizontal das pontas foram determinados em bancada-padrão, conforme a norma ISO 5682/1 (ISO, 1986). A mesa-padrão possuía 2 m de comprimento por 1 m de largura e 40 canaletas em forma de “V”, com 0,05 m de profundidade e largura, que conduziam o líquido até as provetas com precisão de 2 mL, onde foram feitas as leituras dos volumes coletados.

Foi utilizado um manômetro, marca Famabras, classificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como classe B, com fundo de escala de 0 a 1.000 kPa e divisão de 10 kPa, o qual foi aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulica, equipada com manômetro Salcas, classe A3, com precisão de $\pm 0,25\%$ e divisão de 10 kPa. Esse manômetro apresentou 99,49% de precisão, em comparação com o manômetro-padrão (Figura 2).

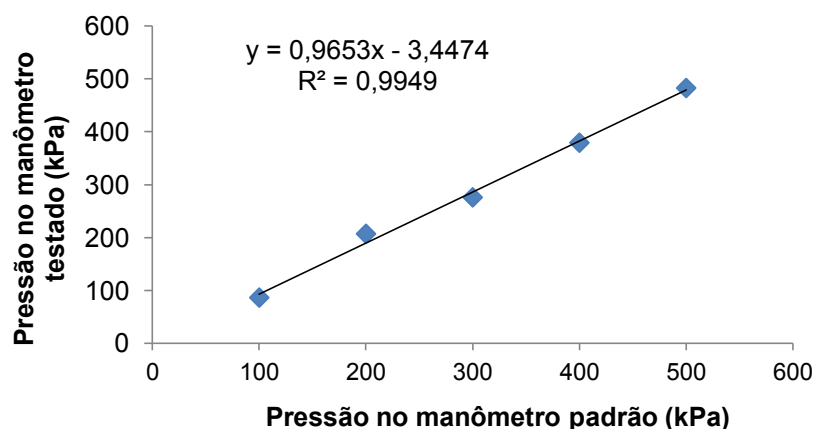


Figura 2 - Calibração dos manômetros utilizados no experimento.

Para a determinação do perfil de distribuição volumétrica, as pontas de pulverização foram instaladas, individualmente, no centro da barra. O líquido pulverizado durante 60 segundos foi coletado nas provetas alinhadas com cada canaleta ao longo da faixa de deposição.

Para a obtenção da uniformidade de distribuição volumétrica foram utilizadas cinco pontas de pulverização, espaçadas 0,50 m entre si. Os resultados foram transformados em porcentagem do volume total pulverizado, para eliminar o fator tempo dos dados analisados. A uniformidade de distribuição volumétrica foi determinada pelo coeficiente de variação da sobreposição dos jatos das pontas de pulverização.

Os dados de coeficiente de variação horizontal foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito da interação tripla foi desdobrado, verificando-se o efeito das pontas por meio do teste de Tukey ($P < 0,05$). Para o efeito das pressões e das alturas, foram ajustados modelos de regressão. A escolha do melhor modelo deu-se pelo maior coeficiente de determinação e pela significância dos coeficientes de regressão pelo teste t a 1% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* Statistica 7.

Resultados e Discussão

As pontas avaliadas proporcionaram perfis de distribuição horizontal normais, com maior porcentagem do volume pulverizado no centro da faixa e decréscimo gradual nas extremidades. Pontas com esse perfil de distribuição são indicadas para aplicação em área total, com sobreposição de jatos (MATUO, 2001). Os mesmos resultados foram obtidos por Ferreira et al. (2011), com as pontas AI110015 e TTI110015, em que o modelo AI110015 apresentou maior volume no centro, com quedas bruscas nas extremidades, ao contrário do TTI 110015, que apresentou deposição mais bem distribuída, decrescendo do centro para as extremidades.

O perfil de distribuição das pontas avaliadas variou em função da altura de pulverização e pressão de trabalho. De forma geral, à medida que a altura da ponta foi aumentando, o perfil de distribuição foi ficando mais uniforme. Na altura de 0,40 m, o volume concentrou-se mais no centro, ao contrário das alturas de 0,50 e 0,60 m, em que o volume de pulverização foi mais bem distribuído. Em relação à pressão, à medida que ela aumenta, o perfil tende a ser mais uniforme. Observou-se que há simetria visual entre os lados esquerdo e direito da pulverização. Além disso, com o aumento da pressão de trabalho, todas as pontas de pulverização proporcionaram aumento gradual na faixa de pulverização (Figuras 3, 4 e 5).

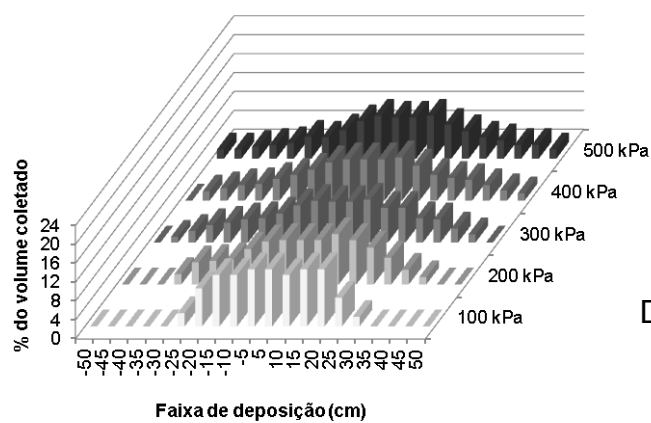
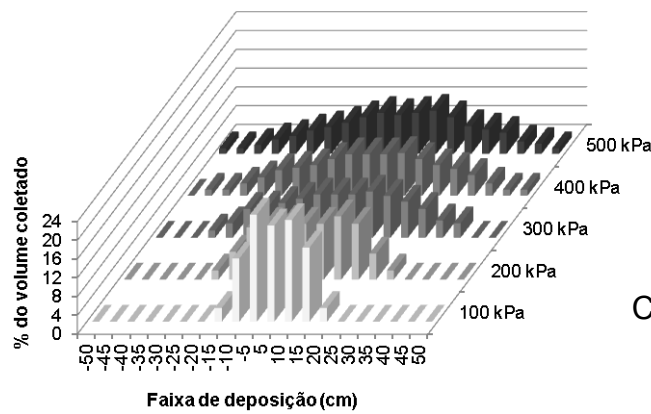
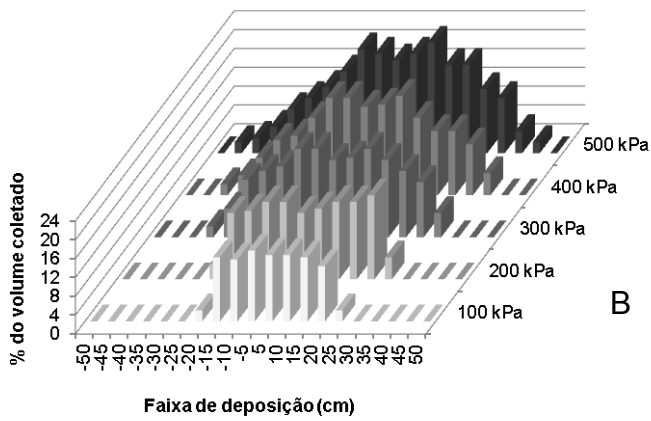
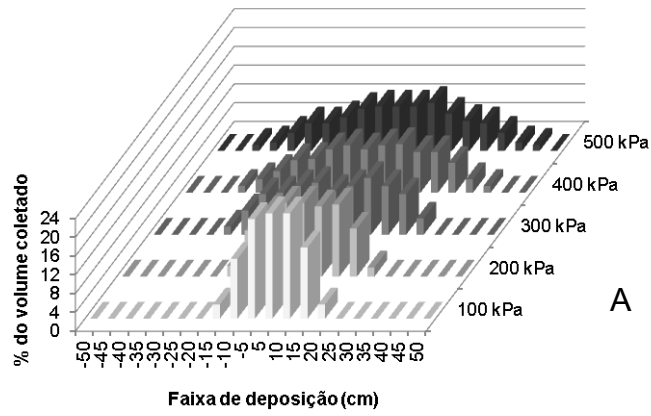


Figura 3 - Perfil de distribuição das pontas AI110015 (A), AI11002 (B), TTI110015 (C) e TTI11002 (D), na altura de 0,40 m.

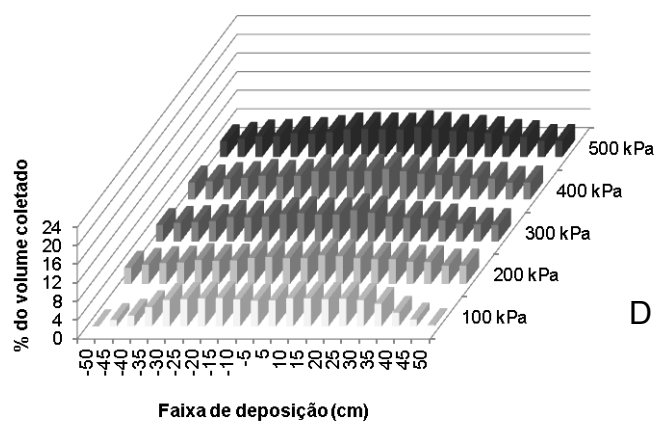
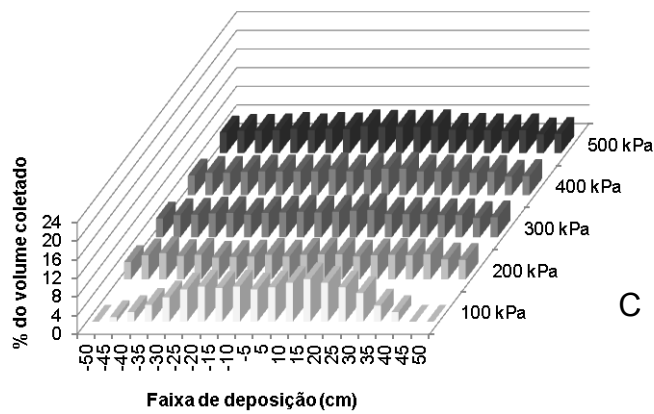
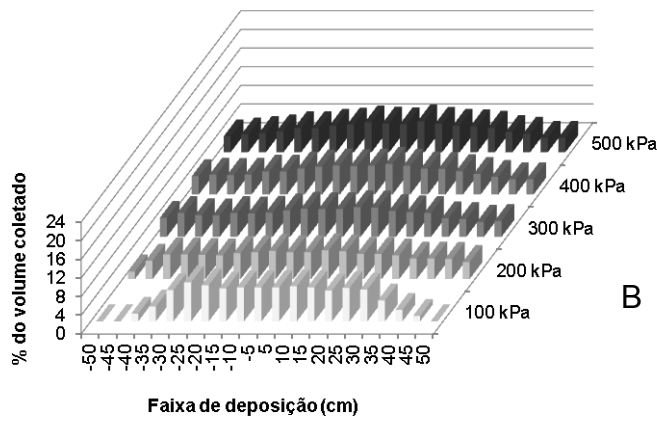
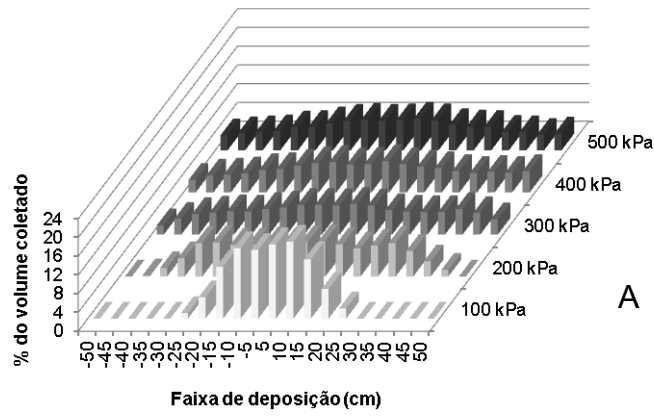
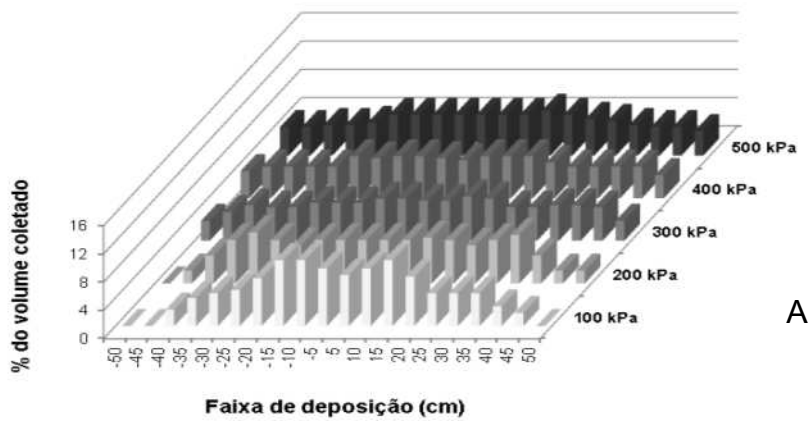
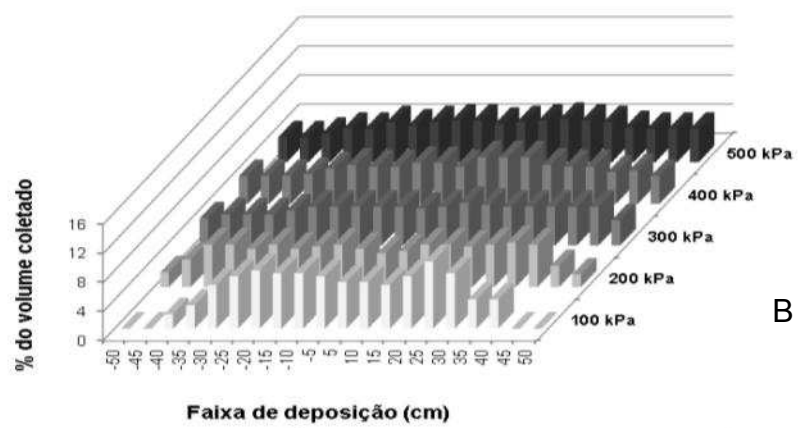


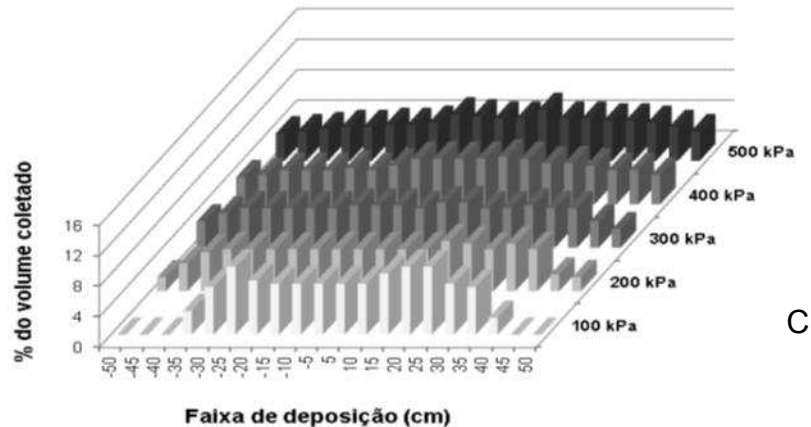
Figura 4 - Perfil de distribuição das pontas AI110015 (A), AI11002 (B), TTI110015 (C) e TTI11002 (D), na altura de 0,50 m.



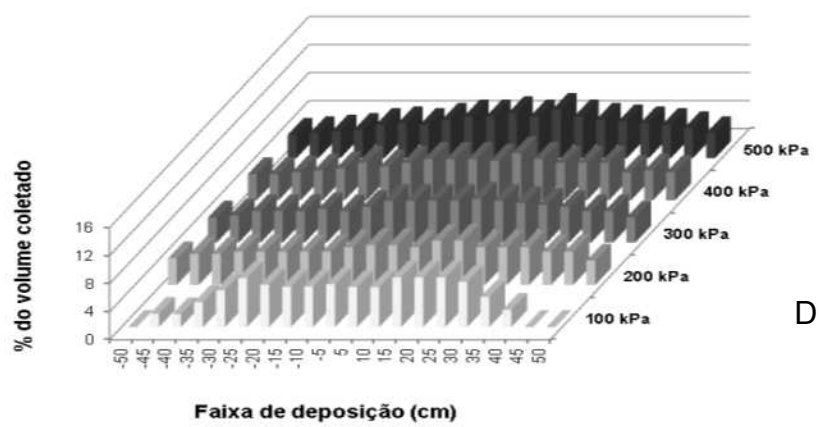
A



B



C



D

Figura 5 - Perfil de distribuição das pontas Al110015 (A), Al11002 (B), TTI110015 (C) e TTI11002 (D), na altura de 0,60 m.

Cunha e Teixeira (2001), avaliando as pontas de jato plano 110-SF-02, 02-F-110 e 110-SF-03 nas pressões de 200, 300 e 400 kPa; e Bauer e Raetano (2004), avaliando as pontas XR 8004 e TP 8004 nas pressões de 200 e 300 kPa, observaram que o aumento da pressão de trabalho proporcionou alongamento do perfil, com menor concentração de líquido na parte central. Segundo Viana et al. (2007), isso melhora a uniformidade de distribuição ao longo da barra, porém aumenta os riscos de deriva proporcionados por redução no tamanho de gotas e maior distância percorrida da gota até o alvo.

Em geral, o efeito da variação da altura da barra em relação ao alvo é similar nas pontas; não muda o padrão, mas aumenta o espalhamento com o incremento da altura (PERECIN et al., 1998), o que interfere na uniformidade da sobreposição e, portanto, no coeficiente de variação.

Na análise de variância do coeficiente de variação horizontal, houve efeito significativo do fator ponta de pulverização e de todas as interações duplas e a interação tripla (Quadro 1).

Quadro 1 - Resumo da análise de variância do coeficiente de variação horizontal

FV	GL	Quadrados Médios
Pontas (Po)	3	608,45 **
Pressão (Pr)	4	6379,16 **
Altura (H)	2	2919,43 **
Po x Pr	12	133,21**
Po x H	6	83,10**
Pr x H	8	1759,05**
Po x Pr x H	24	140,83**
Bloco	2	1,62 ^{ns}
Resíduo	118	

** F significativo a 1% de probabilidade.

O efeito do modelo de ponta, da pressão e da altura no coeficiente de variação foi analisado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Quadro 2).

Quadro 2 - Coeficiente de variação horizontal de pulverização em diferentes pressões e alturas das pontas de pulverização

Pontas	Pressão (kPa)	Altura das Pontas (m)		
		0,40	0,50	0,60
AI110015	100	33,32 a	27,53 a	24,80 b
AI11002		24,85 b	21,01 a	37,58 a
TTI110015		39,03 a	12,94 b	36,03 a
TTI11002		15,75 c	22,28 a	14,07 c
AI110015	200	25,73 b	24,63 a	13,80 b
AI11002		34,12 a	23,57 a	14,05 b
TTI110015		20,18 bc	12,93 b	26,37 a
TTI11002		18,66 c	7,55 b	11,79 b
AI110015	300	12,60 ab	6,78 a	15,25 a
AI11002		15,25 a	6,82 a	13,44 ab
TTI 110015		7,44 b	5,98 a	8,25 ab
TTI11002		13,05 ab	6,98 a	6,98 b
AI110015	400	12,13 ab	12,76 a	11,54 ab
AI11002		13,28 a	12,80 a	16,05 a
TTI110015		6,03 b	8,42 a	8,57 b
TTI11002		12,84 ab	6,11 a	5,62 b
AI110015	500	8,33 a	11,40 a	8,33 b
AI11002		8,39 a	12,59 a	16,62 a
TTI110015		4,54 a	7,69 a	5,90 b
TTI11002		6,94 a	6,00 a	6,01 b

Em cada pressão e em cada altura, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Observou-se que apenas na altura de 0,50 m e pressões de 300, 400 e 500 kPa; e na altura de 0,40 m e pressão de 500 kPa não houve diferença significativa entre os coeficientes de variação proporcionados pelas pontas. Para o restante das situações, os dados submetidos ao teste de Tukey variaram, e de forma geral as pontas série TTI apresentaram os menores valores de coeficiente de variação.

Considerando que valores de coeficiente de variação que atendem à norma europeia UNE-EN12761:2 (2002) são os menores que 7% quando utilizados altura, espaçamento e pressão recomendados pelo fabricante, ou seja, pressão de 300 kPa e

altura de 0,50 m, e de até 9%, em configuração distinta, observou-se que até a pressão de 200 kPa apenas a ponta TTI11002 na altura de 0,50 m e pressão de 200 kPa apresentou coeficiente de variação satisfatório. Na pressão de 300 kPa e altura de 0,50 m, todas as pontas proporcionaram coeficientes de variação satisfatórios. Além dessas, a ponta TTI110015 nas alturas de 0,40 e 0,60 m e a ponta TTI11002 na altura de 0,60 m também foram satisfatórios.

Já nas pressões acima de 300 kPa, que apresentaram coeficiente de variação satisfatório, a ponta AI110015 na pressão de 500 kPa e altura de 0,40 e 0,60 m; a ponta AI11002 na pressão de 500 kPa e altura de 0,40 m; a ponta TTI110015 nas pressões de 400 e 500 kPa e 0,40; 0,50; e 0,60 m de altura; e a ponta TTI11002 na pressão de 400 kPa e altura de 0,50 e 0,60 m e na pressão de 500 kPa em todas as alturas testadas.

Viana et al. (2010) observaram que as pontas TTI110015 e AI110015 proporcionaram uniformidade de distribuição menor que 7% apenas nas pressões de 200, 300 e 400 kPa na altura de 0,50 m e nas pressões de 300 e 400 kPa na altura de 0,40 m na ponta TTI110015 e nas pressões de 300 e 400 kPa na altura de 0,50 m e nas pressões de 400 kPa na altura de 0,40 m na ponta AI110015. Esses mesmos autores citaram que, apesar desses resultados, em aplicações em plantios de eucalipto a distribuição pode-se tornar desuniforme devido à irregularidade do terreno ou a obstáculos como tocos e resíduos da cultura anterior, fazendo que ocorram variações na altura da barra.

Comparando os valores das pontas TTI11002 com os valores encontrados por Cunha et al. (2010) nas pontas TT11002, nas mesmas condições de trabalho, observou-se que na altura de 0,40 m a ponta TT11002 proporcionou maior uniformidade de distribuição nas pressões de 200, 300 e 400 kPa. Já nas alturas de 0,50 e 0,60 m a ponta TTI11002 proporcionou maior uniformidade de distribuição.

Pelas equações de regressão (Figura 6 e Quadro 3), o coeficiente de variação diminui com o aumento da pressão até o ponto que torna a subir na maioria das situações.

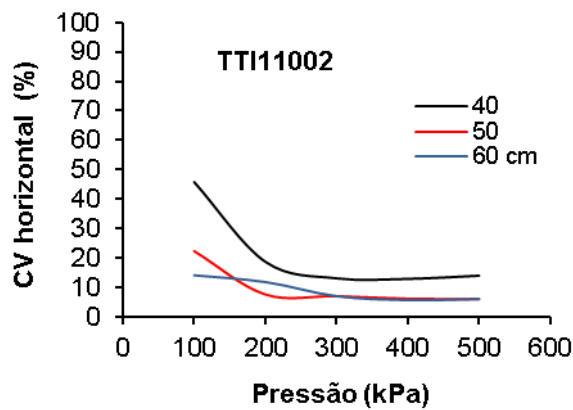
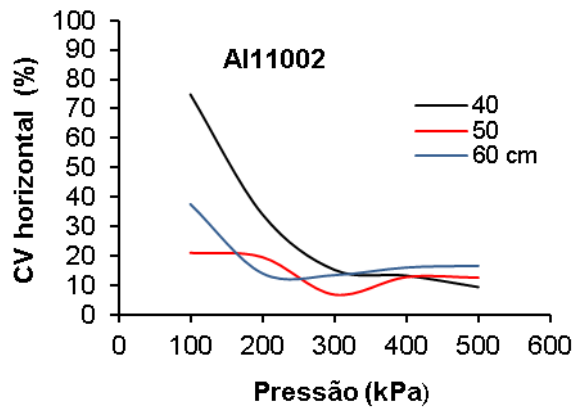
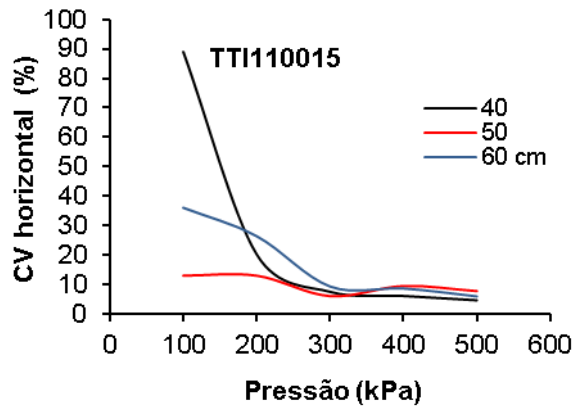
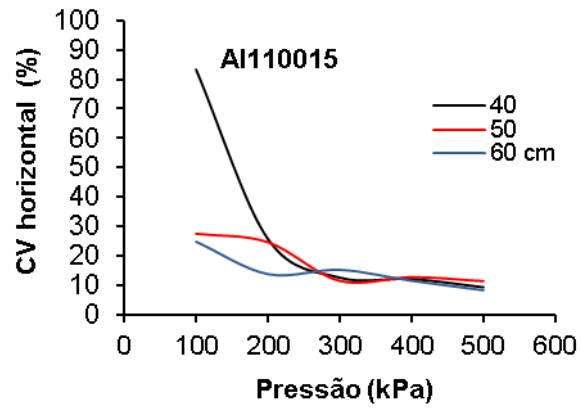


Figura 6 - Coeficiente de variação horizontal das pontas de pulverização para diferentes pressões e alturas das pontas.

Quadro 3 - Equações ajustadas aos dados do coeficiente de variação horizontal em função da pressão de trabalho

Pontas	Alturas (m)	Equação Ajustada	R ²
AI110015	0,40	$\hat{Y} = 203,7440 - 1,6058**P + 0,004382**P^2 + 0,004382**P^3$	0,99
	0,50	$\hat{Y} = 46,2450 + 1,4469**P - 0,0090**P^2 + 0,0002**P^3$	0,99
	0,60	$\hat{Y} = 89,1320 - 1,1042**P + 0,0057**P^2 - 0,0001**P^3$	0,99
AI11002	0,40	$\hat{Y} = 120,2076 - 0,5400**P + 0,006**P^2$	0,97
	0,50	$\hat{Y} = 2 - 113,8822 - 2,5648**P - 0,0155**P^2 + 0,0003**P^3$	0,99
	0,60	$\hat{Y} = 118,2445 - 1,2423**P + 0,0052**P^2 - 0,0009**P^3$	0,99
TTI110015	0,40	$\hat{Y} = 292,1127 - 3,0458**P + 0,0121**P^2 - 0,0001**P^3$	0,99
	0,50	$\hat{Y} = -44,1453 + 1,1058**P - 0,0068**P^2 + 0,0016**P^3$	0,99
	0,60	$\hat{Y} = 55,8604 - 0,2084**P + 0,0002**P^2$	0,95
TTI11002	0,40	$\hat{Y} = 100,8231 - 0,7310**P + 0,0019**P^2 + 0,0001**P^3$	0,99
	0,50	$\hat{Y} = 81,1384 - 0,9478**P + 0,0044**P^2 - 0,0001**P^3$	0,99
	0,60	$\hat{Y} = 19,9760 - 0,0599**P + 0,0062**P^2$	0,95

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Conclusões

O aumento de pressão tendeu a melhorar a uniformidade de distribuição volumétrica de líquido na barra para todos os modelos de pontas e alturas testadas.

Na avaliação de uniformidade de distribuição horizontal de líquido, todas as pontas proporcionaram coeficiente de variação horizontal menor que 7%, quando utilizados altura e espaçamento recomendados pelo fabricante. Sendo assim, todas as pontas avaliadas são adequadas para pulverização.

Referências

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. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

ANDRADE, H. B.; BENEDETTI, V.; MADASCHI, J. C.; BERNARDO, V. Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, SP, v. 11, n. 30, p. 105-116, maio 1997.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 275-84, 2004.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2011.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado**: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa, MG: DFP/UFV, 2001. p. 683-721.

CUNHA, P. A. R.; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 977-985, Out. 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 5, n. 2, p. 344-348, 2001.

DeBOER, L. J.; WIENS, E. H. **Test procedures for granular applicator performance testing**. St. Joseph: ASAE, 1983. (Paper 83-1504).

DORNELLES, M. E.; SCHLOSSERLL, J. F.; CASALI, A. L.; BRONDANILL, L. B. Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas: histórico e importância. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1600-1605, Ago. 2009.

FOOD AGRICULTURE AND ORGANIZATION (FAO). **Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura**: equipo impulsado mecánicamente. ROMA, 1997. v. 2, 150 p.

FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Volumetric distribution and droplet size of hydraulic spraying nozzles for the control of scarlet morningglory. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

GONÇALVES, K. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; CAVALIERI, S. D.; MARTINS, I. S. B.; VELINI, E. D. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, PR, v. 10, n. 2, p. 110-120, Maio/Ago. 2011.

GURGACZ, F. **Utilização de barra auxiliar de pulverização de água para reduzir a deriva de defensivos agrícolas**. 2013. 53 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **Equipment for crop protection** – Spraying equipment – Part 2: test methods for agricultural sprayers. Genova, 1986. 5 p. (ISO 5682/2).

MARTI, S. P.; POLO, J. R. R.; MOYA, E. G.; MONTEROLA, L. V.; ESCOLA, A. **Optimizing pesticide spray application in tree crops**. St. Joseph: ASABE, 2006. (Paper, 1128).

MATUO, T. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: DFT/UFV, 2001. 85 p.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 2, p. 175-182, 1998.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; FILHO, E. I. F.; PICANÇO, M. C. Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 199-207, 2008.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B.; QUIRINO, A. L. S.; TIBURCIO, R. A. S. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulica em diferentes condições operacionais. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v. 19, n. 6, p. 541-547, Nov./Dez. 2011.

UNE-EN. **Maquinaria agrícola y forestal** – Pulverizadores y distribuidores de fertilizantes líquidos. Protección medioambiental. Parte 2: Pulverizadores hidráulicos de barras para cultivos bajos. [S.l. : s.n.t.], 2002. (UNE-EN 12761-2:2002).

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; FREITAS, F. C. L.; QUIRINO, A. L. S.; SANTOS, M. V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.

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

WOLF, D. D.; SMITH, E. S. Uniformity of seed and fertilizer distribution with a hand-operated spinning spreader. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 4, p. 761-2, 1979.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO EM ÁREAS DE REFORMA DE PLANTIO

RESUMO

O interesse pelo desenvolvimento de equipamentos para a agricultura é muito maior do que para o setor florestal, devido ao tamanho do mercado consumidor. Devido à falta de implementos específicos, os equipamentos utilizados na área florestal são, em sua maioria, adaptações dos utilizados em cultivos agrícolas, o que, muitas vezes, é realizada de maneira inadequada. Objetivou-se desenvolver uma barra porta-bicos e avaliar a uniformidade de distribuição vertical no controle de brotação de eucalipto em áreas de reforma de plantio. A montagem do protótipo da barra foi realizada no Laboratório de Tecnologia Florestal da empresa Veracel Celulose. A barra é composta de três partes, sendo duas posicionadas na vertical e uma na horizontal. O perfil de distribuição e a uniformidade de distribuição volumétrica vertical das pontas de pulverização foram determinados em um coletor vertical. A bomba possui vazão capaz de trabalhar nas pressões de 100 a 500 kPa e não ocorreu diferença de pressão entre os lados direito e esquerdo da barra, atendendo as premissas pré-estabelecidas. O coeficiente de variação foi de 14,4% na ponta TTI110015, na pressão de 100 kPa, até 9,0% na ponta TTI110020, na pressão de 400 kPa. Sendo assim, a configuração de pontas mais uniforme é obtida utilizando o modelo TTI11002 na pressão de 400 kPa.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, Uniformidade de distribuição vertical, Pontas de pulverização.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO CONTROL *Eucalyptus* SPROUTS IN REPLANTING AREAS

ABSTRACT

The interest in development of equipment for agriculture is much higher than for the forestry, due to the consuming market. Due to the lack of specific implements, most of the equipments used on forest area are adaptations of those used in agriculture, which is often performed in an inappropriate way. The aim was to develop a system and evaluate the uniformity of vertical distribution to control *Eucalyptus* sprouts in replanting areas. The assembly of the prototype of the sprayer boom was performed in the Forestry Technology laboratory of the company Veracel Celulose. It is composed of three parts, two of them being positioned vertically and one horizontally. The distribution profile and the distribution uniformity of vertical volumetric nozzles were determined in a vertical collector. The pump is capable of working with the pressures of 100 to 500 kPa, and there was no difference in pressure between the right and left sides of the bar, attending the pre-established assumptions. The coefficient of variation ranged from 14.47% at the nozzle TTI110015, for the pressure of 100 kPa, to 9.03% at the nozzle TTI110020 for the pressure of 400 kPa. Thus, the most uniform configuration of nozzles is obtained using the model TTI11002 in pressure of 400 kPa.

Keywords: Application technology, Vertical distribution uniformity, Spray nozzles.

Introdução

O plantio de Eucalipto e Pinus no Brasil totalizou cerca de 6,6 milhões de hectares em 2012, sendo que o eucalipto representa 76,6% dessa área (ABRAF, 2013). Assim, as aplicações de agrotóxicos em sistemas florestais têm ganhado destaque com a grande expansão dessas espécies. Comparativamente, o setor agrícola totalizou 81,7 milhões de hectares no mesmo período (GURGACZ, 2013), o que justifica o maior interesse pelo desenvolvimento de equipamentos para a agricultura.

Devido à falta de implementos específicos, os equipamentos utilizados na área florestal são, em sua maioria, adaptações dos utilizados em cultivos agrícolas, o que, muitas vezes, é realizada de maneira inadequada devido à falta de conhecimento de fatores como a correta pressão de trabalho, a altura da ponta em relação ao alvo, espaçamento entre pontas, combinação apropriada entre pontas, faixa de aplicação uniforme e rendimento operacional (VIANA, 2010a). Nesse contexto, torna-se fundamental a inserção de técnicas de engenharia na produção das máquinas específicas ao setor florestal, em vez da adaptação de equipamentos agrícolas (ORLANDA, 2013).

A pulverização hidráulica é a principal técnica de aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas na condução de plantios de eucalipto.

O que determina a possibilidade de certa máquina ou equipamento ser empregado em determinado tratamento é a técnica e o transporte das gotas (MINGUELA; CUNHA, 2010). Segundo Chaim (2009), o método atual de aplicação é o mesmo empregado no fim do século XIX, entretanto a eficiência do controle ainda é conseguida graças ao poderoso efeito tóxico das novas moléculas, o qual compensa a deposição obtida com as pulverizações, sendo que em alguns casos mais de 50% não atingem o alvo.

Uma das maneiras de maximizar a eficiência na aplicação e minimizar os riscos de contaminação provocados por herbicidas é utilizar tecnologia de aplicação adequada a cada tipo de situação, com base nas características inerentes à interação de fatores climáticos, biológicos e econômicos (VIANA et al., 2010b).

A pulverização na área florestal requer especial atenção devido às características da área de plantio, principalmente em áreas de reforma, onde há excessiva quantidade

de resíduos como cascas e galhos, que podem danificar os componentes dos implementos.

Mesmo com o desenvolvimento de novos equipamentos, ganhos de eficiência na aplicação de agrotóxicos só será alcançada com o treinamento contínuo de operadores (MATUO, 1998). Segundo Cunha et al. (2004), muitas vezes as pulverizações podem produzir o efeito desejado, porém de forma ineficiente, porque não se utilizou a melhor técnica disponível ou o melhor equipamento de aplicação, que determinaria o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados.

Machado et al. (2010), relata que no controle químico das brotações se deve considerar a altura dos brotos como parâmetro principal para a intervenção, devido à necessidade de a planta possuir área foliar para absorver quantidade de herbicida suficiente para eliminar a cepa.

Atualmente, as pontas mais utilizadas na área florestal são as pontas com indução de ar. As pontas com indução de ar possuem uma entrada de ar, de modo que utilizam um Venturi para aumentar a velocidade do líquido e succionar o ar pelas aberturas laterais. Geralmente, estes bicos produzem uma pulverização grossa com menos risco de pulverizações.

Dependendo do porte das brotações, pode haver baixa eficiência na aplicação utilizando uma barra horizontal, devido à baixa cobertura do alvo. Nesse caso, uma estratégia pode ser a aplicação com uma barra no sentido vertical, atingido o alvo lateralmente.

A maioria dos trabalhos científicos sobre uniformidade de distribuição volumétrica é realizada com pontas de pulverização hidráulica posicionadas horizontalmente. Assim, pouco se sabe a respeito da uniformidade de distribuição vertical de pontas de pulverização hidráulicas (ALVARENGA et al., 2012).

Vários métodos para determinação do perfil de distribuição vertical das aplicações têm sido propostos, entre eles o coletor vertical (PERGHER, 2004). Segundo esse mesmo autor, foram desenvolvidos diversos tipos de coletores. No Brasil, Mion et al. (2011) utilizaram o método do coletor vertical como parâmetro para regulação de turboatomizadores.

Objetivou-se neste estudo, desenvolver uma barra porta-bicos para controle da brotação de eucalipto em áreas de reforma de plantio, bem como avaliar a sua uniformidade de distribuição vertical.

Material e métodos

A construção da barra de pulverização e os testes foram realizados no Laboratório de Tecnologia Florestal da empresa Veracel Celulose, na cidade de Eunápolis, Bahia. Primeiramente, o protótipo da barra foi desenhado no *software* SolidWorks®, conforme mostrado na Figura 1.

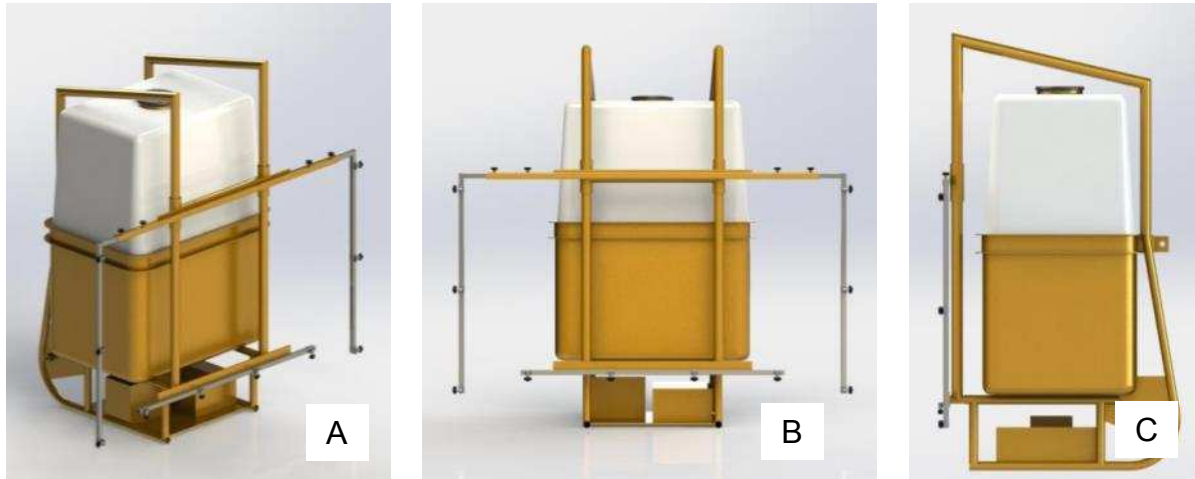


Figura 1 - Visão em perspectiva (A), frontal (B) e lateral (C) do pulverizador hidráulico.

Caracterização do pulverizador

A barra de pulverização foi instalada em um pulverizador hidráulico, marca Jacto, modelo Condor 800, adaptado para recebê-la. Esse equipamento possui um tanque de PVC para depósito da calda com capacidade para 800L e uma válvula de diafragma fixada na parte superior do reservatório, a fim de permitir a entrada de ar e evitar a formação de pressão negativa no seu interior durante o bombeamento. Além disso, possui tanque de água limpa e marcador de nível externo com graduação de 10 L.

O sistema de pressurização é composto de uma bomba de pistão JP-40, que segundo as especificações do fabricante possui vazão máxima de 40 L min^{-1} e pressão de trabalho máxima de 7.000 kPa na rotação da TDP de 540 rpm. A agitação da calda é realizada pela ação do retorno do líquido bombeado.

Para determinar a vazão total da bomba nas pressões de 100, 200, 300, 400 e 500 kPa, foram coletados com um recipiente, durante 60 segundos, o volume direcionado para a barra de pulverização e o volume retornado para o tanque. Em seguida, o volume foi medido com o auxílio de uma proveta. A coleta foi realizada três vezes, para cada pressão avaliada.

Para impedir a entrada de impurezas ou partículas que possam entupir as pontas ou danificar componentes das bombas, foram instalados filtros no orifício de entrada do tanque, pré-bomba, linha e em cada bico de pulverização.

Para realizar o controle da pressão no sistema, foi utilizado um comando de pulverização, modelo Master Flow, e um manômetro, marca Famabras, classificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como classe B, com fundo de escala de 0 a 1.000 kPa e divisão de 10 kPa, aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulica, equipada com manômetro Salcas, classe A3, com precisão de $\pm 0,25\%$ e divisão de 10 kPa. O manômetro utilizado apresentou 99,49% de precisão, em comparação com o manômetro da mesa-padrão (Figura 2).

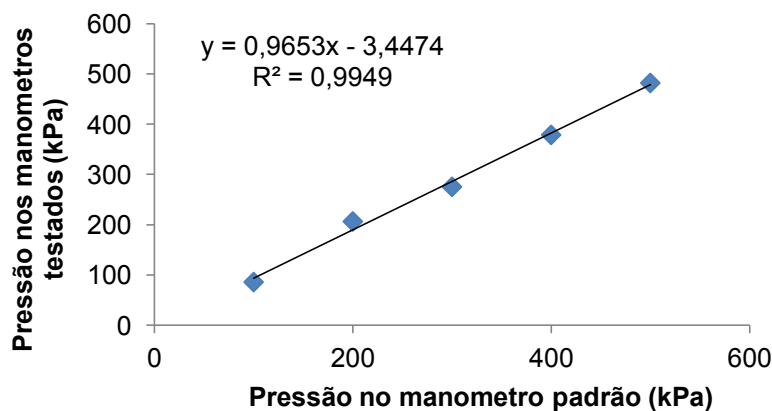


Figura 2 - Calibração dos manômetros utilizados no experimento.

Caracterização da barra de pulverização

A barra de pulverização foi construída em três partes, sendo duas posicionadas na vertical e uma na horizontal (Figura 3).

Elas foram construídas em estrutura metálica com comprimento de 1,8 m e 40 mm de espessura e possuem articulações com molas nas partes verticais, que permitem a movimentação para traz e para frente em caso de choque com um obstáculo, protegendo-a contra danos. A barra de pulverização foi construída para permitir a instalação de até quatro bicos, de acordo com o porte do alvo, e variar o espaçamento entre eles (Figura 4).

Após a montagem do protótipo do pulverizador, este foi testado para detectar algum tipo de vazamento e, ou, falha que pudesse prejudicar o funcionamento. Para verificar se ocorreu perda de pressão entre o comando e as pontas de pulverização, mais um manômetro com as mesmas especificações foi instalado próximo à ponta de

pulverização do lado direito e do lado esquerdo, e os valores foram comparados com o equipamento trabalhando nas pressões de 100, 200, 300, 400 e 500 kPa, em três repetições.



Figura 3 - Vista frontal (A) e lateral (B) da barra porta-bicos do pulverizador hidráulico.



Figura 4 - Vista da barra de pulverização (A), do corpo do bico e da ponta de pulverização (B) e da mola de absorção de impactos (C) do pulverizador hidráulico.

O perfil e uniformidade de distribuição volumétrica vertical da barra de pulverização foram determinados em um coletor vertical, construído com chapas de zinco de 0,5 mm de espessura, arrebites e silicone para vedação. As dimensões do coletor são de 2,00 x 0,40 m, sendo divididos em 10 secções de 0,20 x 0,40 m. Em cada secção, o líquido coletado foi direcionado para um orifício com uma mangueira, que o conduziu até provetas com precisão de 2 mL, nos quais fez-se as leituras dos volumes coletados (Figura 5).

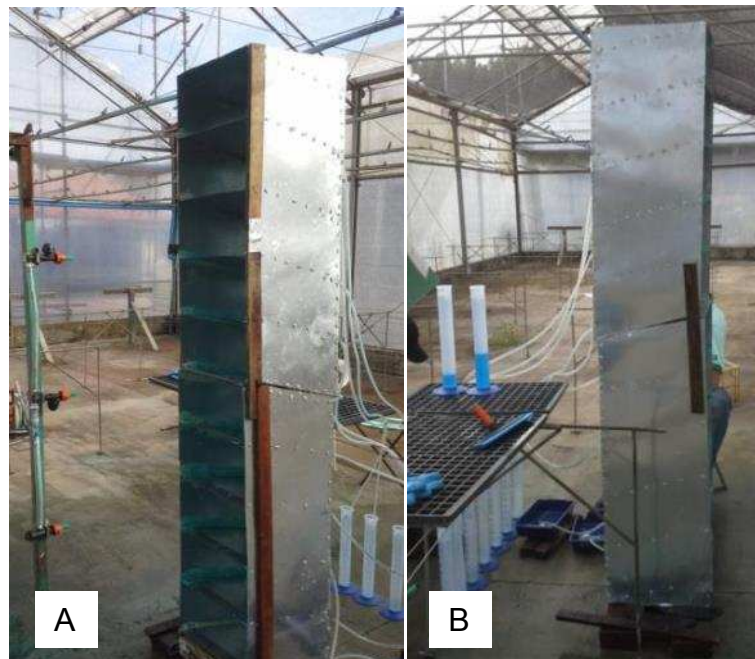


Figura 5 - Vista frontal (A) e lateral (B) do banco de ensaio para determinação do perfil e distribuição vertical de líquido.

O experimento foi realizado com o pulverizador em terreno nivelado e protegido, para evitar o efeito do ar atmosférico. Os dados climáticos foram monitorados por um medidor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Kestrel 3000. A temperatura média obtida durante as avaliações foi de 27 °C e a umidade relativa do ar, 79%.

O ensaio foi realizado em esquema fatorial 4 x 5, constituído por quatro modelos de pontas de pulverização de jato plano com indução de ar e cinco pressões de trabalho (100, 200, 300, 400 e 500 kPa), totalizando 20 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições.

Os modelos de pontas de pulverização utilizadas são recomendados para aplicação de herbicidas pelo fabricante Teejet e estão entre os mais utilizados na área florestal (Figura 6).

Para determinação do perfil de distribuição, as pontas de pulverização foram instaladas individualmente no centro da barra a 0,50 m do coletor. O líquido pulverizado, durante 60 segundos, foi coletado nas provetas alinhadas com cada secção ao longo da faixa de deposição. A obtenção da distribuição volumétrica foi realizada utilizando três pontas de pulverização espaçadas 0,50 m entre elas. Os resultados foram transformados em porcentagem do volume total pulverizado, para eliminar o fator tempo dos dados analisados. A uniformidade de distribuição volumétrica foi determinada pelo coeficiente de variação da sobreposição dos jatos das pontas de pulverização.

Modelo	Tipo	Imagem	Pressão	Tipo	Imagem
AI110015	Jato plano com indução de ar		TTI110015	Jato plano com indução de ar	
AI11002	Jato plano com indução de ar		TTI11002	Jato plano com indução de ar	

Figura 6 - Pontas de pulverização utilizadas no experimento.

Os dados de coeficiente de variação vertical foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito da interação foi desdobrado, verificando-se o efeito das pontas, por meio do teste de Tukey ($P < 0,05$). Para efeito das pressões, foram ajustados modelos de regressão. A escolha do melhor modelo deu-se pelo maior coeficiente de determinação e pela significância dos coeficientes de regressão pelo teste t a 1% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* Statística 7.

Resultados e Discussão

A vazão da barra foi inversamente proporcional à vazão do retorno, ou seja, a menor vazão da barra na pressão de 100 kPa proporcionou o maior retorno de líquido.

Quanto maior a pressão de trabalho, maior a vazão das pontas e menor a quantidade de líquido retornando ao tanque (Quadro 1). Verificou-se que as vazões obtidas foram bem menores que a vazão máxima da bomba. Assim, considerou-se que a bomba trabalhou dentro dos limites especificados.

Quadro 1 - Vazão das pontas, do retorno e do total proporcionadas pela bomba em diferentes pressões de trabalho

Pressão (kPa)	Vazão das Pontas (L min ⁻¹)	Vazão do Retorno (L min ⁻¹)	Vazão da Bomba (L min ⁻¹)
100	2,72	21,60	24,36
200	3,95	17,81	21,71
300	4,77	15,02	19,76
400	5,46	12,62	18,08
500	6,14	10,43	16,55

Em relação à perda de pressão entre o manômetro posicionado junto da bomba e dos bicos de pulverização, observou-se que ocorreram diferenças entre a pressão verificada na bomba e a que chegava até os bicos. Porém, não houve diferença entre as barras do lado direito e do esquerdo em nenhuma das pressões avaliadas (Figura 7).

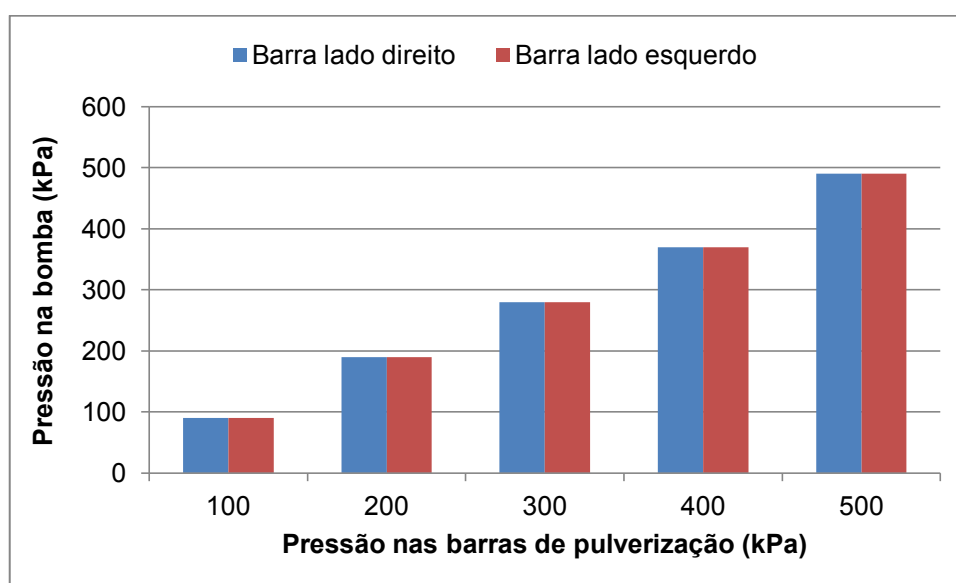


Figura 7 - Perda de pressão na barra de pulverização.

As pontas avaliadas proporcionaram perfis de distribuição vertical normais, com maior porcentagem do volume pulverizado no centro da faixa e decréscimo gradual nas extremidades. O aumento da pressão de trabalho de todas as pontas de pulverização proporcionou incremento gradual da faixa de pulverização. Todavia, observou-se, em todas as pontas, que não havia simetria visual entre os lados de cima e de baixo da pulverização. Devido ao efeito da gravidade, o volume de líquido é maior na parte inferior da aplicação (Figuras 8, 9, 10 e 11).

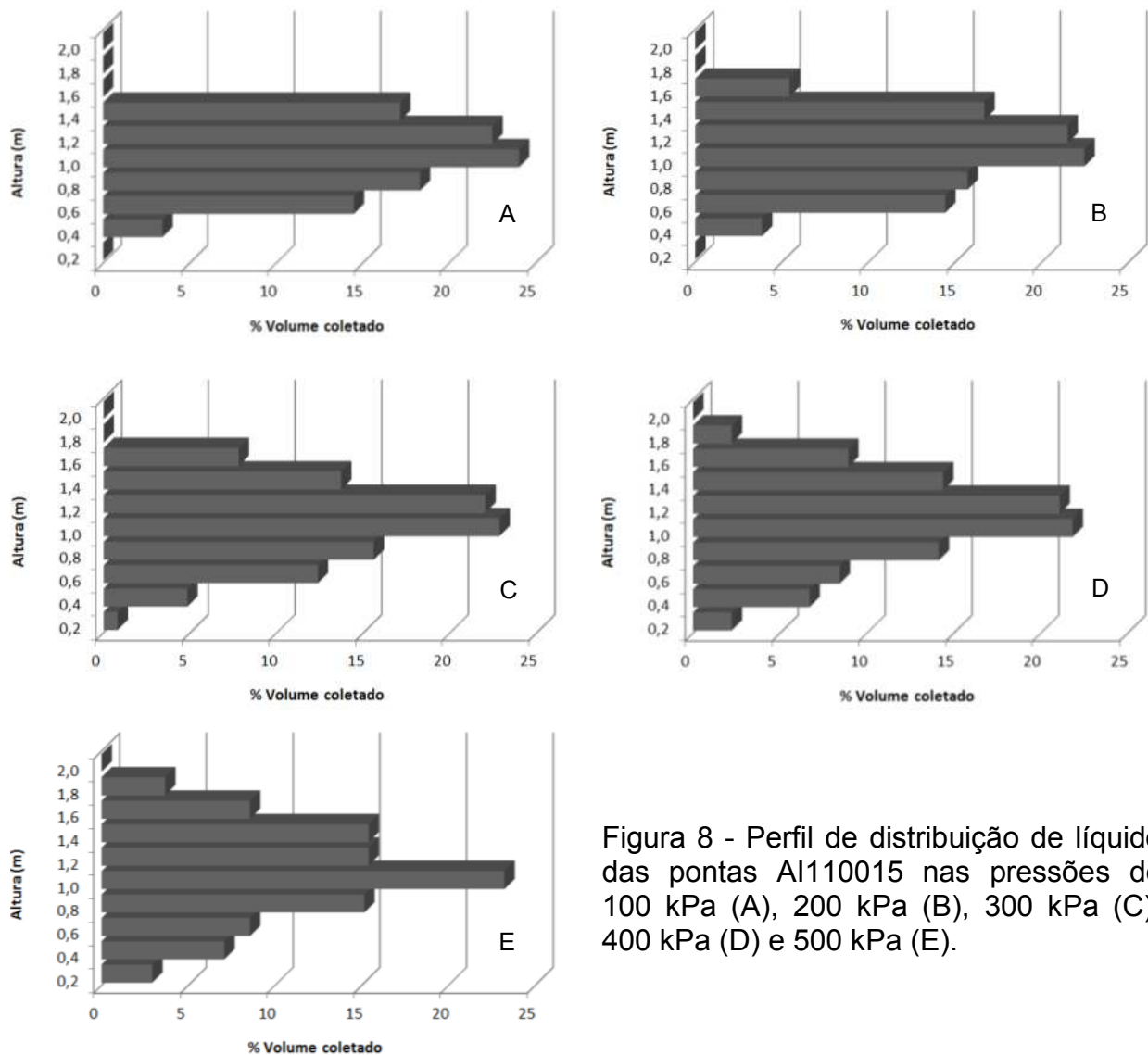


Figura 8 - Perfil de distribuição de líquido das pontas AI110015 nas pressões de 100 kPa (A), 200 kPa (B), 300 kPa (C), 400 kPa (D) e 500 kPa (E).

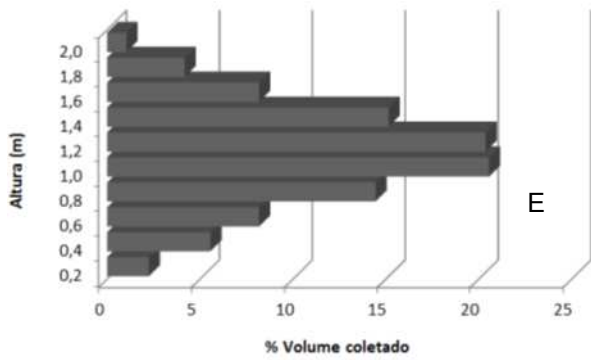
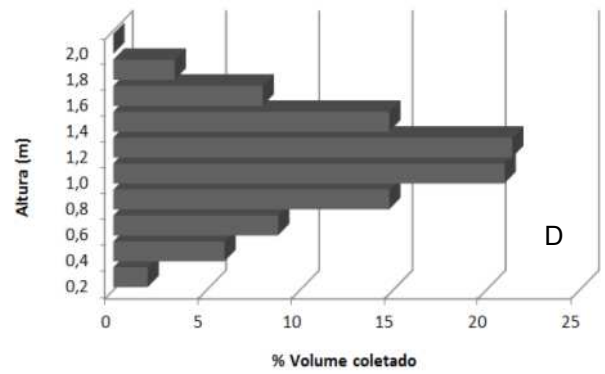
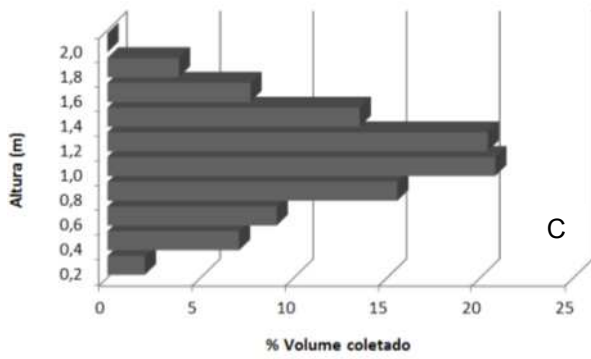
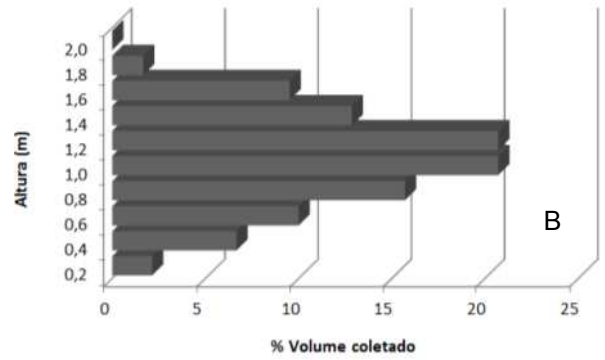
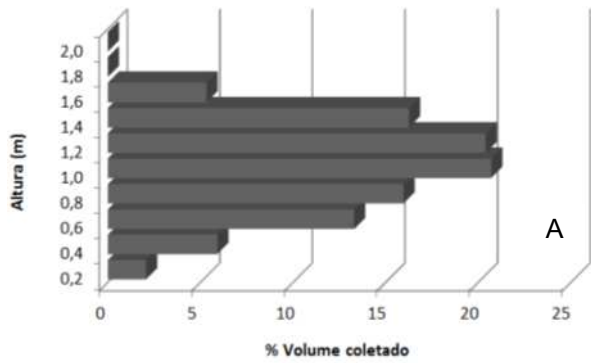


Figura 9 - Perfil de distribuição de líquido das pontas AI11002 nas pressões de 100 kPa (A), 200 kPa (B), 300 kPa (C), 400 kPa (D) e 500 kPa (E).

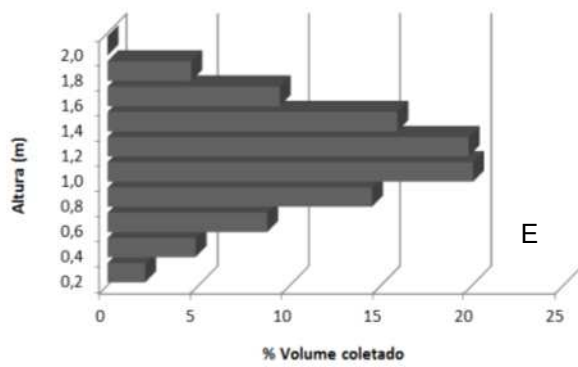
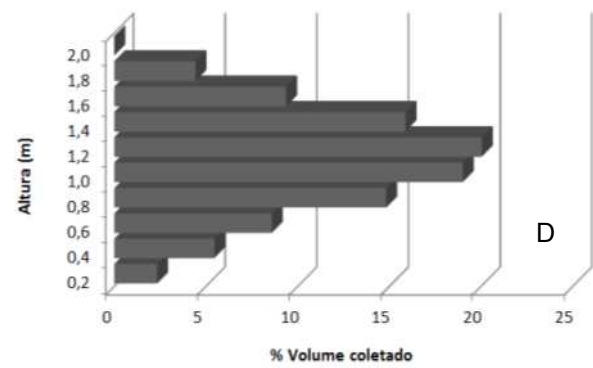
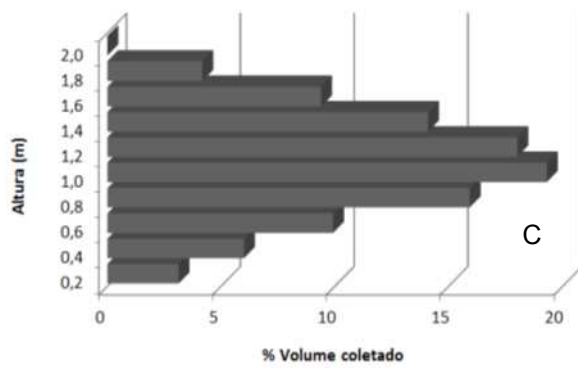
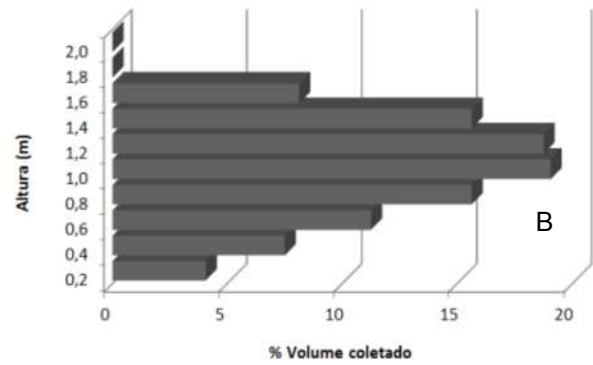
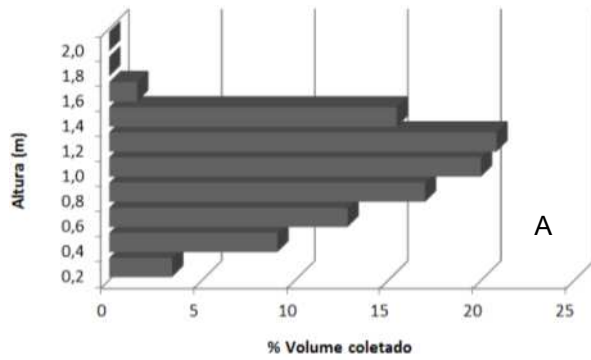


Figura 10 - Perfil de distribuição de líquido das pontas TT110015 nas pressões de 100 kPa (A), 200 kPa (B), 300 kPa (C), 400 kPa (D) e 500 kPa (E).

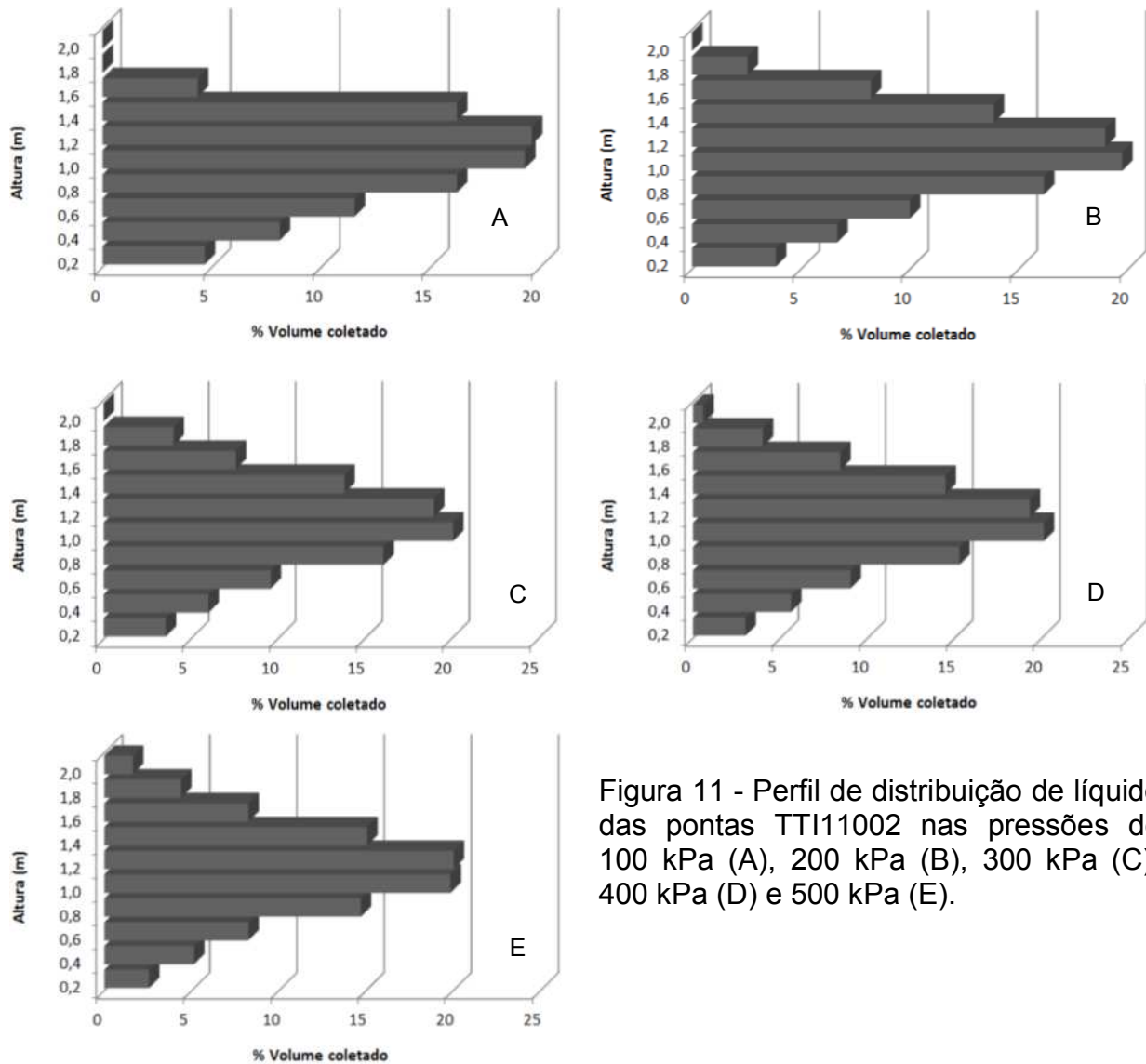


Figura 11 - Perfil de distribuição de líquido das pontas TTI11002 nas pressões de 100 kPa (A), 200 kPa (B), 300 kPa (C), 400 kPa (D) e 500 kPa (E).

Na análise de variância do coeficiente de variação da distribuição vertical, houve efeito significativo dos fatores modelo de ponta de pulverização e pressão, assim como interação entre os fatores (Quadro 2).

Quadro 2 - Resumo da análise de variância do coeficiente de variação vertical

	FV	GL	Quadrados Médios
Pontas (Po)		3	38,66282 **
Pressão (Pr)		4	228,5577**
Po x Pr		12	9,5239 **
Blocos		2	5,4720
Resíduo		38	4,4593

** F significativo a 1% de probabilidade.

O efeito do modelo de ponta e da pressão no coeficiente de variação foi analisado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Quadro 3).

Quadro 3 - Coeficiente de variação vertical de líquido das pontas de pulverização na barra porta-bicos

Pontas	Pressão (kPa)				
	100	200	300	400	500
AI110015	12,67 a	10,50 a	11,43 a	9,67 a	13,20 a
AI11002	10,27 b	9,90 a	9,73 ab	9,23 a	9,17 b
TTI 110015	14,47 a	10,67 a	9,13 b	9,60 a	8,73 b
TTI11002	12,50 ab	9,47 a	9,70 ab	9,03 a	8,97 b

Em cada pressão, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Nas pressões 200 kPa e 400 kPa, não houve diferença estatística entre os modelos de pontas avaliadas, enquanto nas pressões de 100, 300 e 500 kPa o efeito foi significativo. Na pressão de 100 kPa, os menores valores foram proporcionados pelas pontas AI11002 e TTI11002, que não diferiram entre si. Na pressão de 300 kPa, a ponta AI110015 diferiu da TTI110015. Já na pressão de 500 kPa apenas a ponta AI110015 diferiu das demais.

Weeb e Parkin (2004), ao avaliarem a uniformidade de deposição vertical em aplicações terrestres, usaram o coeficiente de variação (CV) como medida de uniformidade. Os resultados foram obtidos com pontas de jato plano e volumes entre

30 e 90 L ha⁻¹ e indicaram que o coeficiente de variação nos alvos verticais ficaram entre 24,1 e 45,0%.

Considerando todos os resultados, as pontas TTI11002 foram as que apresentaram os menores valores em maior número de situações.

Pelas equações de regressão (Quadro 4 e Figura 12), o coeficiente de variação diminui com o aumento da pressão até o ponto que torna a subir na maioria das situações. Apenas na ponta AI110020 a regressão foi não significativa.

Assim, é muito importante a recomendação correta de pontas, assim como o seu arranjo na barra.

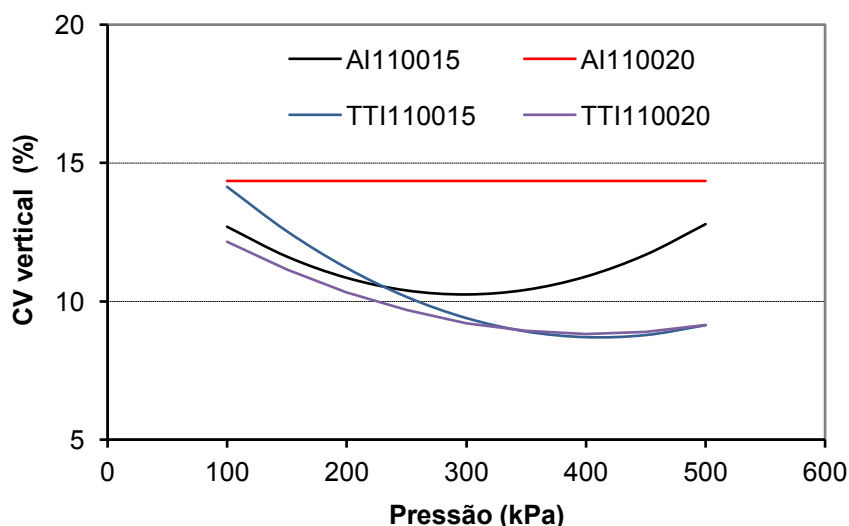


Figura 12 - Coeficiente de variação vertical das pontas de pulverização em diferentes pressões de trabalho.

Quadro 4 - Equações ajustadas aos dados do coeficiente de variação vertical em função da pressão

Pontas	Equação Ajustada	R ²
AI110015	$\hat{Y} = 15,7733 - 0,03705 \cdot P + 0,00006214 \cdot P^2$	0,6281
AI11002	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,35$	-
TTI110015	$\hat{Y} = 18,2133 - 0,04625 \cdot P + 0,00005619 \cdot P^2$	0,9337
TTI11002	$\hat{Y} = 14,7000 - 0,02907 \cdot P + 0,00003595 \cdot P^2$	0,8640

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Conclusões

A bomba possui vazão capaz de trabalhar nas pressões de 100 a 500 kPa e não ocorreu diferença de pressão entre os lados direito e esquerdo da barra, atendendo as premissas pré-estabelecidas.

O coeficiente de variação foi de 14,4% na ponta TTI110015, na pressão de 100 kPa, até 9,0% na ponta TTI110020, na pressão de 400 kPa. Sendo assim, a configuração de pontas mais uniforme é obtida utilizando o modelo TTI11002 na pressão de 400 kPa.

Referências

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efficiency of the spray tip using hydraulic hollow cone from the spectral analysis of the droplets. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, PR, v. 5, n. 3, p. 41-50, Sep./Dec. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS (ABRAF). **Anuário estatístico da Associação Brasileira de Florestas 2013**: ano-base 2012. Brasília, DF, 2013. p. 129.

CHAIM, A **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURRY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 977-985, Out. 2004.

GURGACZ, F. **Utilização de barra auxiliar de pulverização de água para reduzir a deriva de defensivos agrícolas**. 2013. 53 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2013.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas na cultura do eucalipto. In: FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. Viçosa, MG: DFP/UFV, 2010. p.15-37.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicações de agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Campinas, SP: Livraria Rural, 1998. p. 95-103.

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

MION, R. L.; SOMBRA, W. A.; DUARTE, J. M. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; VILIOTTI, C. A.; LUCAS, F. C. B.; MONTE, C. A. Uso de mesa vertical como parâmetro para regulagens de turboatomizadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 31, n. 2, p. 352-358, 2011.

ORLANDA, F. J. Q. Desenvolvimento de máquinas e de implementos para o preparo de solo e plantio. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, SP, n. 38, 2013.

PERGHER, G. Field evaluation of a calibration method for air-assisted sprayers involving the use of a vertical patternator. **Crop Protection**, Udine, v. 23, p. 437-446, 2004.

WEEB, D. A.; PARKIN, C. S. Influence of nozzle design, application speed and air assistance on the variability of spray deposits under arable boom sprayers. **Aspects of Applied Biology**, 71. International advances in pesticide application. Wellesbourne, Warwick, UK: Associations of Applied Biologists, 2004. p. 83-90.

VIANA, R. G. **Simulação da deposição de líquido e avaliação de pontas de pulverização para aplicação de herbicidas**. 2010a. 73 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010a.

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

EFICÁCIA DE CONTROLE QUÍMICO NA ERRADICAÇÃO DE BROTAÇÕES DE EUCALIPTO EM ÁREAS DE REFORMA DE PLANTIO

RESUMO

Uma das grandes vantagens no cultivo do eucalipto é a capacidade das cepas de emitirem brotações após o corte do plantio. Em razão disso, é possível optar pelo manejo de talhadia, ou seja, a condução dessas brotações, que proporcionam muitos benefícios ao ambiente e menos impactos que as operações de reforma do plantio. Entretanto, alguns fatores podem interferir na condução da brotação, sendo mais viável a reforma. Quando a opção for pela reforma do plantio, é necessária a erradicação das brotações de eucalipto. O tratamento químico é o mais utilizado para isso. Objetivou-se, com o experimento, avaliar os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização e a eficácia de controle químico da pulverização na erradicação de brotações de eucalipto em função do volume de calda e da dose de herbicida utilizada na aplicação. O experimento foi instalado no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ [4 índices volumétricos (15, 30, 45 e 60 mL m^{-3})] x [2 concentrações de herbicida (2% e 3%)] + 1 testemunha em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Na testemunha, foi realizado o destacamento mecânico das brotações, e no restante dos tratamentos foi utilizado o herbicida Glyphosate. As variáveis mais afetadas pelo índice volumétrico foram a porcentagem de gotas menores que $100 \mu\text{m}$, a cobertura e a densidade de gotas que aumentaram com o incremento do índice volumétrico. Em relação à eficácia de controle, a concentração de 3% de herbicida não diferiu da testemunha em nenhum índice volumétrico. Já na concentração de 2% de herbicida, aos 90 dias após a aplicação, apenas os índices volumétricos de 45 e 60 mL m^{-3} não diferiram da testemunha.

Palavras-chave: Índice volumétrico, Glyphosate, Pulverização de arbóreas.

EFFICACY OF CHEMICAL CONTROL ON THE ERADICATION OF *Eucalyptus* SPROUTS IN REPLANTING AREAS

ABSTRACT

A major advantage in the cultivation of eucalyptus is the ability of the stumps to produce sprouts after harvesting. Because of this, it is possible to opt for the management of coppice, ie, the conduction of these shoots, which provide many benefits to the environment, causing less impact than the reform of planting operations. However, some factors may interfere in the conduct of the shooting, what makes replanting more viable. When the decision is to replant the area, the eradication of *Eucalyptus* sprouts is required. Chemical treatment is the most used in this case. The aim of this experiment was to evaluate the parameters related to the quality of the spray and the effectiveness of chemical control of spray in the eradication of eucalyptus sprouts as a function of spray volume and dose of herbicide used in the application. The experiment was arranged in a factorial design 4 x 2 + 1 [4 volumetric indices (15, 30, 45 and 60 ml m⁻³)] x [2 herbicide concentrations (2 % and 3 %)] + 1 control, in a randomized blocks design, with four repetitions. In control was performed the mechanical detachment of the shoots and at the rest of the treatments was used the herbicide Glyphosate. The main variables affected by the volumetric index were the percentage of droplets below 100 micron, the coverage and density of droplets that increased with increasing volume index. The control efficacy using concentration of 3 % did not differ from the control at any volume index. Although, at the concentration of 2%, at 90 days after application, only the volumetric rates of 45 and 60 mL m⁻³ not differ from the control.

Keywords: Volume index, Glyphosate, Spraying of tree.

Introdução

Uma das grandes vantagens no cultivo do eucalipto é a capacidade das cepas de emitirem brotações após o corte do plantio. Isso ocorre em decorrência da grande concentração de gemas adventícias que se encontram dormentes na base do tronco e, ou, em lignotúberes, que são estimulados após a perda de dominância apical pela colheita (WILDY; PATE, 2002; WALTERS et al., 2005).

O sistema de talhadia é a prática silvicultural mais antiga. Era utilizado pelos gregos e romanos e foi de grande importância na Europa durante longo período, quando a madeira era a principal fonte de energia para a indústria (JACOBS, 1955). Esse sistema possui como vantagem a presença de um sistema radicular desenvolvido, com reservas que poderão ser prontamente mobilizadas, possibilitando o rápido crescimento das brotações e evitando gasto com a sua reforma (ZBONAK et al., 2007; CACAU et al., 2008; LUOSTARINEN et al., 2009).

Contudo, alguns fatores podem interferir na condução da brotação, sendo mais viável a reforma. Os principais são o potencial genético, a mortalidade de árvores e a não brotação das cepas, pois estão diretamente correlacionadas com a produtividade da segunda rotação (ANDRADE et al., 1997). Os genótipos de eucalipto utilizados atualmente em plantios comerciais apresentam elevada produtividade, o que promove a substituição de povoamentos visando à substituição de materiais genéticos de baixa produtividade (LOPES, 2012).

Quando a opção for pela reforma do plantio, será necessária a erradicação das brotações de eucalipto. Entretanto, essa operação não visa apenas eliminar a parte aérea da planta, mas, também, eliminar a possibilidade de novas rebrotas após a execução.

A presença da brotação de eucalipto do ciclo anterior proporciona diversos efeitos malefícios à nova muda. Os principais são sombreamento, competição por água e nutrientes, além de tornarem o ambiente mais propício a doenças e dificultar o tráfego de máquinas na área.

Segundo Machado (2010), o tratamento químico é o mais utilizado no controle de brotações. Para isso, é recomendada a utilização de herbicidas sistêmicos, que vão translocar para outras partes da planta.

O glyphosate é o herbicida mais utilizado na área florestal. Pertence ao grupo químico dos aminoácidos fosfonados, tendo como precursor a glicina. É um herbicida sistêmico, não seletivo, aplicado em pós-emergência e de amplo espectro de controle, tendo como mecanismo de ação o acoplamento à enzima enolpiruvil siquimato-3-fosfato sintase (EPSP), impedindo a formação do corismato e, subsequentemente, dos aminoácidos aromáticos: triptofano, fenilalanina e tirosina (BUCHANAN et al., 2000).

A absorção desse herbicida pela planta envolve a penetração inicial através da cutícula e a absorção simplástica, sendo a duração desse processo dependente da espécie envolvida, da idade da planta, das condições ambientais e da concentração do herbicida, entre outros (SILVA et al., 2007). Após a absorção, é necessária a translocação do herbicida, através de tecidos vasculares, até os sítios de ação, onde ele vai exercer sua atividade (SATICHIVI et al., 2000).

As aplicações de agrotóxicos em sistemas florestais têm ganhado destaque com a grande expansão da cultura do eucalipto (MEWES et al., 2013). A eficiência da pulverização depende de fatores característicos da cultura, como a estrutura do dossel, as técnicas de aplicação, as condições meteorológicas e o volume e as doses de aplicação. A combinação desses fatores permite alcançar a eficácia e eficiência desejadas (LLORENS et al., 2010).

Para apresentar boa eficácia, o herbicida deve ser depositado no alvo na quantidade correta e proporcionar boa cobertura e distribuição o mais uniforme possível, na faixa tratada. Em aplicações em alvos com grandes quantidades de massa foliar, como arbóreas, deve-se levar em consideração também a penetração do alvo, que é a capacidade do líquido pulverizado de atravessar as camadas externas do dossel da planta até atingir o seu interior e ter penetração suficiente para que o composto promova sua ação.

Na pulverização, a quantidade de líquido aplicado deve ser o suficiente para proporcionar boa cobertura do alvo. Assim, o volume de calda não pode ser um valor fixo por hectare, pois a área foliar de uma brotação pode variar significativamente. Portanto, à medida que o volume da copa das plantas se altera, recomenda-se o ajuste do volume de calda a ser pulverizado (ALVARENGA et al., 2013).

O índice volumétrico (IV) é utilizado para representar o volume de calda necessário para cobrir adequadamente 1 m³ de copa. Na determinação do volume da copa das árvores, as dimensões da copa são os fatores mais importantes. As dimensões da planta foram utilizadas por Walklate et al. (2011), para determinar o volume de pulverização. De acordo com Gil et al. (2007), o uso das dimensões da árvore pode representar redução de custos ao produtor.

Na determinação dos parâmetros da população de gotas, o analisador de partículas tem-se destacado devido à grande precisão e simplicidade na aquisição dos dados (ALVARENGA, 2012); porém, em condições de campo, o método mais comumente utilizado é por meio de etiquetas hidrossensíveis. Essas etiquetas apresentam em uma de suas faces a substância azul de bromofenol. Em contato com a água, ocorre a ionização dessa substância, ficando o local do contato com coloração azul. Essa coloração contrasta com o amarelo, que é a cor de fundo do papel, permitindo, assim, a caracterização do tamanho e do formato das gotas depositadas nela.

O espectro de gotas produzido pelas pontas de pulverização é um dos responsáveis pela qualidade e eficiência da aplicação de agrotóxicos. Os parâmetros de maior importância na determinação da população de gotas são o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (Span) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 µm. Essas características, conjuntamente, definem o tamanho característico das gotas produzidas, a homogeneidade de gotas e o potencial de deriva de gotas por determinado bico de pulverização (VIANA et al., 2010). Além dessas, são de suma importância a cobertura do alvo e a densidade de gotas.

Objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização e a eficácia de controle químico da pulverização na erradicação de brotações de eucalipto em função do volume de calda e da concentração de herbicida utilizada na aplicação.

Material e métodos

O experimento foi realizado em área de plantio de eucalipto da empresa Veracel Celulose, situado nas coordenadas 16° 22' 39" de latitude Sul e 39° 34' 49" de longitude Oeste, a 189 m de altitude, no município de Eunápolis, Bahia, Brasil. O clima da região é classificado por Köppen (1948) como Af, ou seja, tropical úmido, em que as

precipitações ocorrem durante o ano todo. O espaçamento das plantas é de 4,0 m entre as linhas e 3,0 m entre as brotações.

O experimento foi instalado em um talhão colhido 60 dias antes e alocado em local onde não havia falhas e a altura das brotações estava uniforme. Ainda não havia mudas plantadas no talhão (Figura 1).



Figura 1 - Vista da área no momento da instalação do experimento.

No momento da instalação, foram mensuradas a altura, largura da copa no terço médio e área foliar de 100 brotações amostradas aleatoriamente, para caracterização da área. Para determinação da área foliar, foram coletadas e pesadas em balança com precisão de 1 g, amostras de 30 folhas de cada brotação. A amostra foi composta por 10 folhas coletadas em cada terço da planta. O restante das folhas foi coletado e pesado, conforme metodologia utilizada por Machado (2011).

A área foliar da amostra foi determinada através do *software* Image-Pro Plus versão 4.1 e da área foliar total, relacionando-se a área da amostra, peso da amostra e peso total de cada indivíduo, conforme estabelecido pela equação 1.

$$\frac{\text{Peso da amostra}}{\text{Área foliar da amostra}} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Área foliar total}} \quad (1)$$

O experimento foi instalado no esquema fatorial 4 x 2 +1 [4 índices volumétricos (15, 30, 45 e 60 mL m⁻³)] x [2 concentrações de herbicida (2% e 3%)] + 1 testemunha em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Na testemunha, foi realizado o destacamento mecânico com foice das brotações (Figura 2). No restante

dos tratamentos, foi utilizado o herbicida Scout®, formulado em sal de amônio e com 720 g kg^{-1} de equivalente ácido de glyphosate.

A parcela foi constituída de três linhas com 25 plantas, totalizando 75 plantas. A parcela útil foi a linha central e as linhas das extremidades, as bordaduras.



Figura 2 - Destacamento mecânico das cepas.

A pulverização foi realizada, empregando-se um trator da marca John Deere, modelo 5078E, com potência de 78 CV, e um pulverizador hidráulico, marca Jacto, modelo Condor 800, adaptado para receber a barra de pulverização na posição vertical. O trator deslocou entre as linhas de brotação.

Esse pulverizador possui tanque de PVC com capacidade para 800 L e marcador de nível externo com graduação de 10 L. O sistema de pressurização é composto por uma bomba de pistão JP-40, que, segundo as especificações do fabricante, possui vazão máxima de 40 L min^{-1} e pressão de trabalho máxima de 7.000 kPa, na rotação da TDP de 540 rpm. A agitação da calda é realizada pela ação do retorno do líquido bombeado. Para impedir a entrada de impurezas ou partículas que possam entupir as pontas ou danificar componentes das bombas, foram instalados filtros no orifício de entrada do tanque, pré-bomba, linha e em cada bico de pulverização. Para realizar o controle da pressão no sistema, foi utilizado um comando de pulverização, modelo Master Flow.

A barra de pulverização adaptada para pulverização na posição vertical foi construída em três partes, sendo duas posicionadas na vertical e uma na horizontal. Elas foram construídas em estrutura metálica com comprimento de 1,8 m e 40 mm de espessura e possuem articulações com molas nas partes verticais, que permitem a

movimentação para trás e para frente, em caso de choque com um obstáculo, protegendo a barra contra danos. Foram utilizadas três pontas de jato plano com indução de ar TT111002 de cada lado, espaçadas 50 cm entre si (Figura 3). Elas são recomendados para aplicação de herbicidas pelo fabricante Teejet e estão entre as mais utilizados na área florestal.



Figura 3 - Vista da barra de pulverização (A), do corpo do bico e da ponta de pulverização (B) e da mola de absorção de impactos (C).

Foi utilizado um manômetro, marca Famabras, classificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como classe B, com fundo de escala de 0 a 1.000 kPa e divisão de 10 kPa, aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulica, equipada com manômetro Salcas, classe A3, com precisão de $\pm 0,25\%$ e divisão de 10 kPa. O manômetro utilizado apresentou precisão de 99,5% quando comparado com o manômetro-padrão (Figura 4).

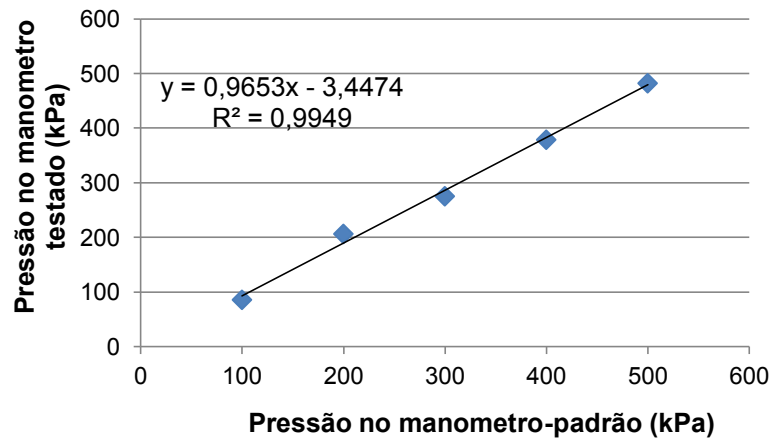


Figura 4 - Calibração dos manômetros utilizados no experimento.

A determinação do volume de calda pelo método do TRV (Tree row volume) baseou-se na medida das dimensões das árvores do talhão, utilizando uma haste graduada, conforme a equação 2.

$$\text{TRV} = \frac{H \cdot D}{E} 10000 \quad (2)$$

em que:

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

H = altura da planta (m);

D = diâmetro da copa (m); e

E = espaçamento entre linhas (m).

Para determinação do volume de pulverização, foram levados em consideração o volume da copa das plantas e o índice volumétrico, conforme a equação 3.

$$\text{VP} = \frac{\text{TRV} \cdot \text{IV}}{1000} \quad (3)$$

em que:

VP = volume de pulverização (L ha^{-1});

TRV = volume da copa ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$); e

IV = índice volumétrico (mL m^{-3}).

Esses índices foram determinados levando-se em consideração o histórico de volume de calda pulverizado nessa operação.

A calibração do pulverizador foi realizada em função da velocidade e pressão de trabalho. Os dados climáticos foram monitorados por um medidor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Kestrel 3000. A temperatura média obtida durante as aplicações foi de 27 °C e umidade relativa média do ar de 68%. A velocidade média do vento foi de 6,0 km h⁻¹.

Parâmetros da população de gotas

As etiquetas hidrossensíveis foram posicionadas no plano horizontal em quatro posições (Direita, Esquerda, Frontal e Posterior) em três alturas do dossel (Terço inferior, Terço médio e Terço superior), totalizando 12 posições (Figura 5). Essa metodologia é semelhante à utilizada por Balsari et al. (2009) e Celen (2008). Em seguida, foram digitalizadas utilizando uma máquina fotográfica de 10.0 megapixels, marca Nikon, modelo Coolpix P100, posicionada a 0,1 m de altura e analisada com o auxílio do software *Image Tool*, versão 3.0. O diâmetro das gotas foi corrigido pelo fator de espalhamento, indicado para os papéis hidrossensíveis, de acordo com as recomendações do fabricante Syngenta (2002) e utilizado por Marçal e Cunha (2008).

Como parâmetros de avaliação da população de gotas, foram utilizados o diâmetro que divide a população de gotas em dois grupos de mesmo volume (DMV), a amplitude relativa (Span), a porcentagem de gotas menores que 100 µm (%<100 µm), a porcentagem de área coberta pelas gotas durante uma aplicação (Cobertura) e o número de impactos por centímetros quadrados (Densidade de gotas).

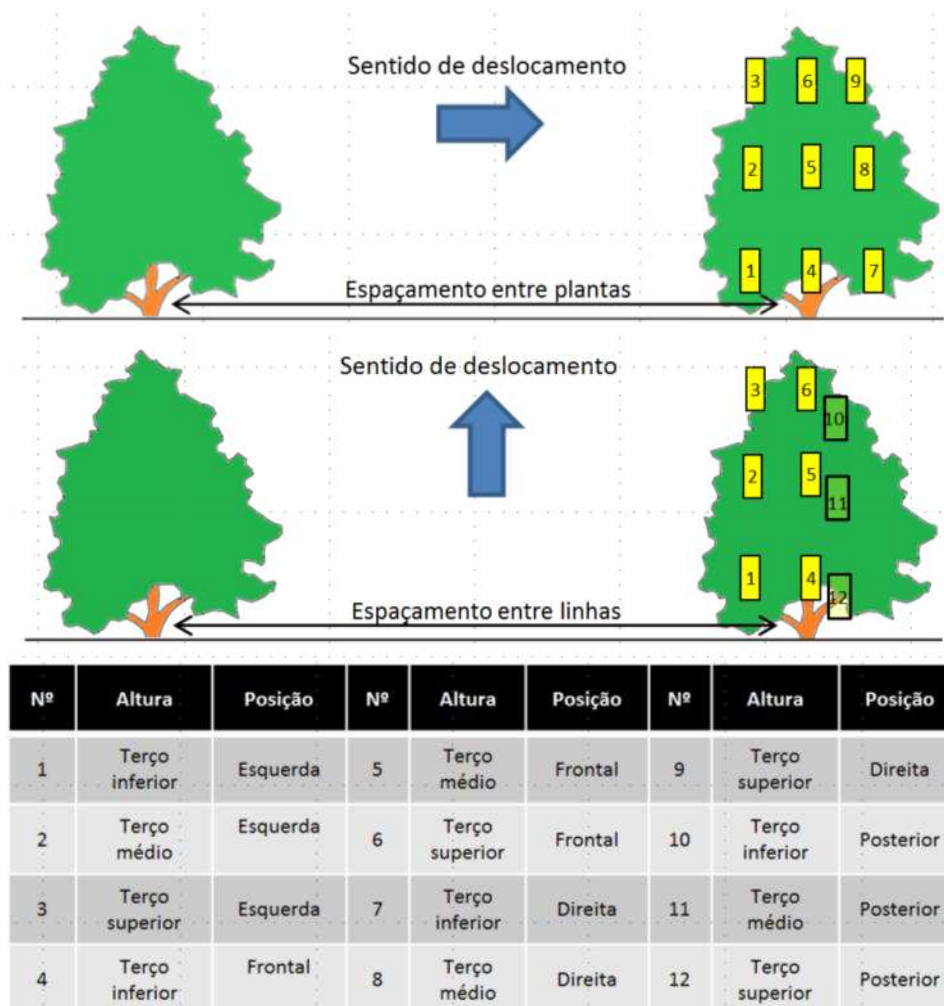


Figura 5 - Posicionamento das etiquetas hidrossensíveis.

A amplitude relativa (Span) é determinada conforme a equação 4.

$$\text{Span} = \frac{D_{V0,9} - D_{V0,1}}{D_{V0,5}} \quad (4)$$

em que:

Span = amplitude relativa do espectro de gotas (adimensional);

$D_{V0,9}$ = diâmetro da gota, tal que 90% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (μm);

$D_{V0,5}$ = diâmetro da gota, tal que 50% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (μm); e

$D_{V0,1}$ = diâmetro da gota, tal que 10% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (μm).

Os parâmetros obtidos com as etiquetas hidrossensíveis foram analisados em esquema fatorial 4 x 3 x 4 [4 índices volumétricos (15, 30, 45 e 60 mL m⁻³) x [3 alturas (terço inferior, médio e superior)] x [4 posições (direita, esquerda, frontal e posterior)]. Esses dados foram submetidos à análise de variância e teste F a 5% de probabilidade. Os efeitos da posição e da altura foram analisados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para verificar o efeito do índice volumétrico, foram ajustados modelos de regressão, e a escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste t (P<0,05). A análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* Statistica 7.

Eficácia de controle

A eficácia de controle foi avaliada de acordo com a porcentagem de intoxicação, quinzenalmente, até os 90 dias após a aplicação (DAA). Utilizou-se para tal de uma escala em que 0% correspondeu à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas (FRANS, 1972). Os dados climáticos foram monitorados por uma estação meteorológica situada nas proximidades da área durante todo o período experimental.

A eficácia de controle foi analisada em esquema de parcela subdividida, em quatro repetições. As parcelas foram constituídas por nove tratamentos, dispostos no esquema fatorial 4 x 2 +1 [4 índices volumétricos (15, 30, 45 e 60 mL m⁻³) x [2 concentrações de herbicida (2% e 3%)] + 1 testemunha e as subparcelas, pelos tempos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a aplicação.

Os dados de eficácia de controle foram submetidos à análise de variância e teste F (P<0,05). Cada tratamento foi comparado com a testemunha, por meio do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Para analisar o efeito do índice volumétrico, foram ajustados modelos de regressão para cada concentração e cada tempo. A escolha do melhor modelo deu-se pelo maior coeficiente de determinação e pela significância dos coeficientes de regressão pelo teste t a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A altura média das plantas da área experimental foi de 1,75 m, largura média da copa no terço médio de 1,12 m, e a área foliar média foi de 2,99 m². Esses dados

também foram utilizados para o cálculo do TRV. Considerando que o espaçamento entre linhas é de 4,0 m, o volume de copa das plantas foi de 3.874 m³ ha⁻¹.

O volume de calda para cada tratamento foi determinado pelos índices volumétricos e TRV. A calibração do pulverizador foi realizada em função da velocidade e pressão de trabalho, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Calibração do pulverizador para aplicação dos tratamentos

Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Volume de Calda (L ha ⁻¹)	Velocidade (m s ⁻¹)	Vazão da Barra (L min ⁻¹)	Pressão (kPa)
15	75	2,22	4,0	210
30	150	1,25	4,0	260
45	225	0,83	3,7	180
60	300	0,83	5,0	330

Parâmetros da população de gotas

O espectro de gotas produzido pelas pontas de pulverização é um dos responsáveis pela qualidade e eficácia da aplicação de agrotóxicos. Os parâmetros de maior importância para determinação da população de gotas são o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (Span) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (%<100 µm).

Na análise de variância dos parâmetros obtidos com as etiquetas hidrossensíveis, observou-se que foi significativo apenas o efeito da posição no DMV e da altura no Span. Além disso, foi significativa a interação entre o índice volumétrico e a posição no DMV e na densidade de gotas e a interação de altura e posição para DMV e porcentagem de cobertura (Quadro 2).

Quadro 2 - Resumo da análise de variância dos dados de DMV, Span, porcentagem de gotas menores que 100 μm , cobertura e densidade de gotas

FV	GL	Quadrados Médios				
		DMV	Span	%<100 μm	Cobertura (%)	Densidade de Gotas
Índice volumétrico	3	841261,1 ns	0,61588 ns	395,3 **	2797,4 **	5296,6 **
Altura	2	330737,8 ns	0,96698 *	62,2 ns	461,7 ns	165,3 ns
Posição	3	1900119,1**	0,17840 ns	81,1 ns	522,5 ns	656,1 ns
IV x altura	6	520122,7 ns	0,69455 ns	126,7 ns	614,9 ns	423,3 ns
IV x posição	9	3337133,7 **	1,42011 ns	212,1 ns	1002,9 ns	2069,2 *
Altura x posição	6	1984180,1 *	0,49450 ns	256,3 ns	1790,5 **	783,3 ns
IV x altura x posição	18	4038011,8 ns	4,67720 ns	604,0 ns	2557,9 ns	3843,8 ns
Blocos	2	939004,5 *	0,21372 ns	60,7 ns	41,1 ns	456,5 ns
Resíduo	94	12332296,1	14,45549	2251,6	7883,1	9137,4

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Em relação ao DMV, na interação entre índice volumétrico e posição, observou-se que no índice volumétrico de 15 mL m^{-3} apenas a esquerda e a frontal foram estatisticamente diferentes; no índice volumétrico de 30, 45 e 60 mL m^{-3} , não houve diferença estatística (Quadro 3).

Quadro 3 - Diâmetro da mediana volumétrica em diferentes índice volumétrico e posições das etiquetas na planta

Índice Volumétrico	Posição			
	Direita	Esquerda	Frontal	Posterior
15	604,2 aAB	966,4 aA	285,8 aB	593,0 aAB
30	821,2 aA	892,5 aA	858,4 aA	658,3 aA
45	824,6 aA	798,2 aA	633,6 aA	978,5 aA
60	808,9 aA	964,8 aA	657,2 aA	915,1 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na interação entre altura e posição, quando se analisou a posição dentro de cada altura, observou-se que, no terço inferior, novamente a posição esquerda foi estatisticamente superior à posição frontal (Quadro 4).

Quadro 4 - Diâmetro da mediana volumétrica em diferentes alturas e posições das etiquetas na planta

Altura	Posição			
	Direita	Esquerda	Frontal	Posterior
Terço inferior	815,3 aAB	924,9 aA	497,2 aB	745,0 aAB
Terço mediano	897,9 aA	788,6 aA	590,6 aA	913,6 aA
Terço superior	580,9 aA	1002,9 aA	668,7 aA	669,6 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo da análise de regressão do índice volumétrico no parâmetro amplitude relativa (Span). No teste de médias para altura, apenas o terço médio e o superior foram estatisticamente diferentes (Quadro 5).

Considerando a porcentagem de gotas abaixo de 100 μm , a análise de regressão foi significativa. O efeito do índice volumétrico nesse parâmetro foi ajustado pelo modelo linear (Figura 6 e Quadro 6). Não houve efeito significativo das variáveis qualitativas.

Quadro 5 - Span em diferentes alturas das etiquetas na planta

Altura	Médias
Terço inferior	0,70 ab
Terço médio	0,83 a
Terço superior	0,63 b

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

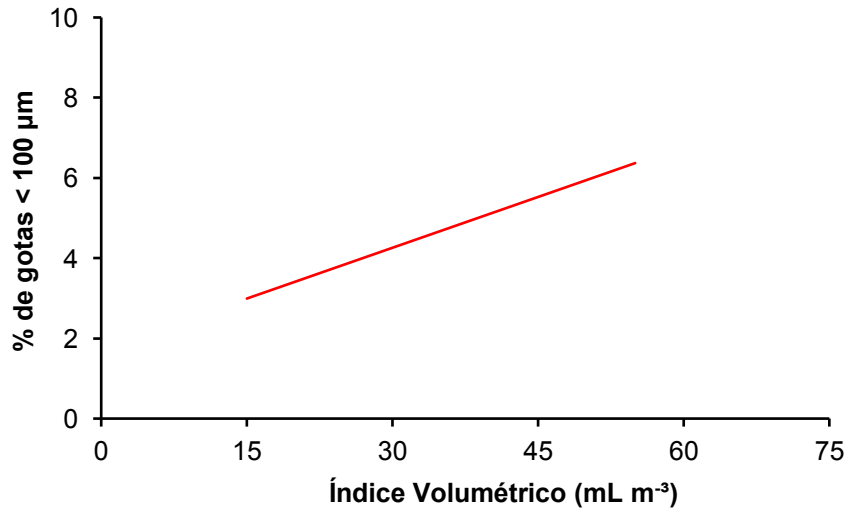


Figura 6 - Porcentagem de gotas menores que 100 µm em função do índice volumétrico.

Quadro 6 - Estimativa dos coeficientes de regressão do Span

Parâmetro	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	r^2
Span	1,720693	0,084440	0,000000	0,000000	0,730471

A regressão foi significativa para porcentagem de cobertura. O efeito do índice volumétrico nesse parâmetro foi ajustado pelo modelo linear (Figura 7 e Quadro 7).

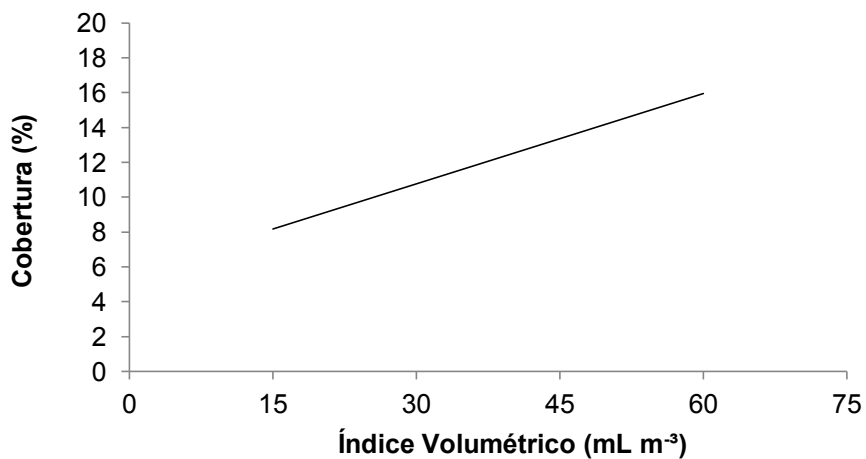


Figura 7 - Cobertura em função do índice volumétrico.

Quadro 7 - Estimativa dos coeficientes de regressão da cobertura

Parâmetro	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	R ²
Cobertura	0,17270	5,59360	0,00000	0,000000	0,69150

Entre as variáveis qualitativas, houve efeito significativo na interação entre altura e posição. Considerando o efeito da altura dentro das posições, o terço superior nas posições direita e posterior foram estatisticamente inferiores às demais posições. Quando se analisou o efeito da posição entre cada altura, verificou-se que no terço superior a posição posterior foi estatisticamente inferior às outras posições (Quadro 8).

Na análise da densidade de gotas, a análise de regressão foi significativa, sendo o efeito do índice volumétrico ajustado pelo modelo linear (Figura 8 e Quadro '9).

Entre as variáveis qualitativas, houve efeito significativo na interação entre índice volumétrico e posição. O índice volumétrico de 30 mL m⁻³, na posição posterior, foi estatisticamente inferior às demais (Quadro 10).

Quadro 8 - Porcentagem de cobertura em diferentes alturas e posições das etiquetas na planta

Altura	Posição			
	Direita	Esquerda	Frontal	Posterior
Terço inferior	16,7 aA	14,5 aA	7,6 aA	11,4 abA
Terço médio	19,5 aA	10,8 aA	10,1 aA	16,6 aA
Terço superior	7,8 bAB	15,2 aA	13,2 aAB	3,5 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

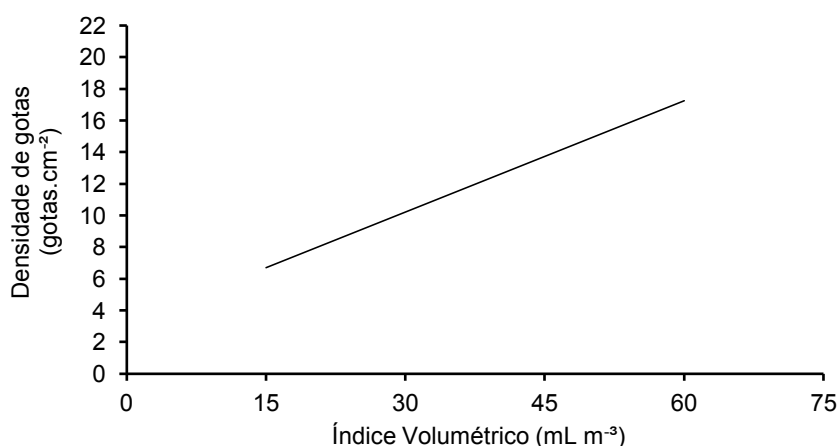


Figura 8 - Densidade de gotas em função do índice volumétrico.

Quadro 9 - Estimativa dos coeficientes de regressão da densidade de gotas

Parâmetro	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	r^2
Densidade	0,23470	3,16470	0,00000	0,00000	0,68240

Quadro 10 - Densidade de gotas em diferentes posições das etiquetas na planta

Índices Volumétricos	Posições			
	Direita	Esquerda	Frontal	Posterior
15	4,5 aA	5,4 aA	3,5 aA	3,2 aA
30	21,5 aA	6,8 aB	11,7 aAB	8,9 aB
45	11,4 aA	7,0 aA	18,2 aA	7,4 aA
60	16,6 aA	26,9 aA	24,9 aA	16,3 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Eficácia de controle

A temperatura média do período foi de 21 °C. As temperaturas diárias mínima, média e máxima estão expostas na Figura 9.

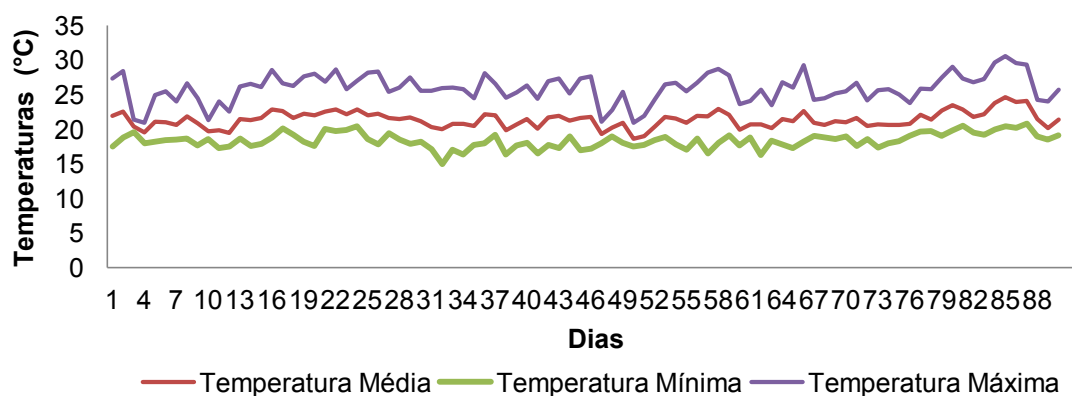


Figura 9 - Temperaturas diárias mínima, média e máxima do período de avaliação.

A umidade relativa do ar média no período de avaliação do experimento foi de 89%, e a precipitação total foi de 319 mm e ocorreu em 45 dias. Os dados diários estão expostos na Figura 9.

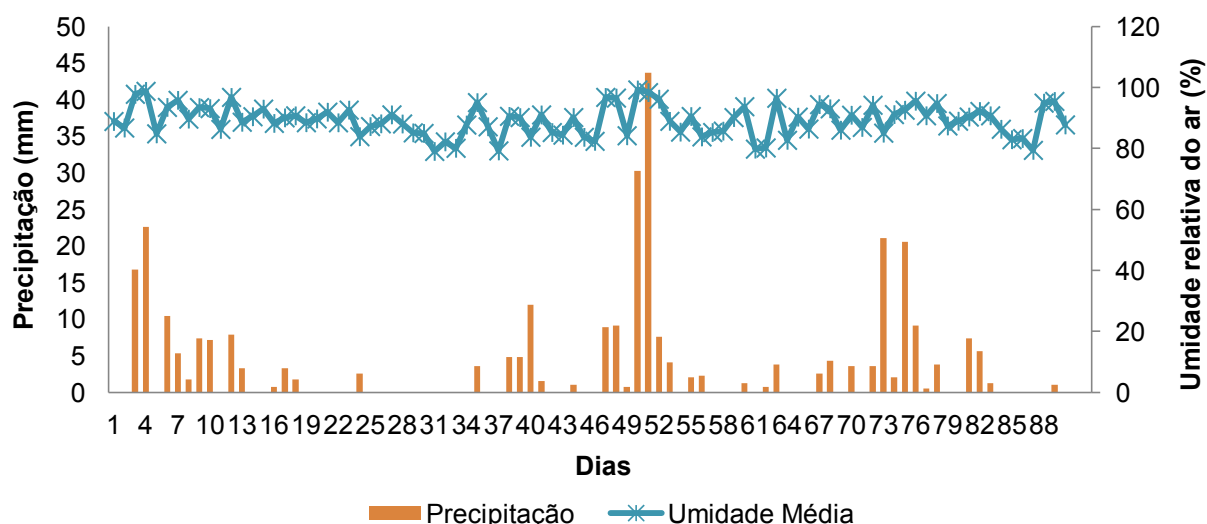


Figura 10 - Precipitação e umidade relativa do ar diárias no período de avaliação.

Houve efeito significativo na parcela e na subparcela (Quadro 11). Na parcela, o efeito do índice volumétrico e da concentração foi significativo e da interação entre eles também. A interação entre fatorial e testemunha também foi significativa. Na subparcela, houve efeito significativo do tempo e da interação tempo e tratamentos.

Quadro 11 - Resumo da análise de variância do controle

FV	GL	Quadrado Médio
Blocos	3	335,8506 **
Tratamentos (Tr)	(8)	2.343,0424 **
Fatorial (F)	(7)	2.546,4294 **
Índice volumétrico (I)	3	3.178,7364 **
Concentrações (C)	1	4.860,1875 **
I x C	3	1.142,8697 **
Fatorial vs. testemunha	1	919,3334 **
Resíduo (a)	24	70,9123
Tempo (Te)	5	131,6701 **
Tr x Te	40	15,5031 **
Resíduo (b)	135	4,8660
CV parcela		9,02
CV subparcela		2,36

** F significativo a 1% de probabilidade.

O teste de Dunnet foi realizado comparando o tratamento-testemunha, em que se utilizou o destacamento mecânico das brotações em cada tratamento e em cada período de tempo avaliado (Quadro 12).

Quadro 12 - Eficácia de controle em diferentes índices volumétricos e concentrações de herbicida aos 15, 30, 45, 60 75 e 90 dias após a aplicação

Tempo (dias)	Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Concentração de herbicida	
		2%	3%
15	Testemunha		99,20
	15	68,00 B*	87,30 A*
	30	90,50 B*	100,00 A
	45	78,80 B*	95,20 A
	60	99,60 A	99,90 A
30	Testemunha		99,20
	15	68,00 B*	87,30 A*
	30	90,50 B*	100,00 A
	45	78,80 B*	95,20 A
	60	99,60 A	99,90 A
45	Testemunha		99,20
	15	71,40 B*	93,20 A
	30	85,70 B*	100,00 A
	45	97,40 A	99,00 A
	60	99,90 A	100,00 A
60	Testemunha		99,20
	15	71,80 B*	95,70 A
	30	86,40 B*	100,00 A
	45	98,50 A	99,20 A
	60	99,90 A	100,00 A
75	Testemunha		99,20
	15	71,90 B*	96,60 A
	30	86,40 B*	100,00 A
	45	98,40 A	99,30 A
	60	99,90 A	100,00 A
90	Testemunha		99,20
	15	74,10 B*	99,80 A
	30	88,50 B*	100,00 A
	45	98,60 A	99,40 A
	60	99,90 A	100,00 A

Em cada tempo e concentração, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Dunnet (P>0,05).

A eficácia de controle dos tratamentos com concentração de herbicida na calda de 3% não diferiu da testemunha em nenhuma data e em nenhum índice volumétrico. Todavia, na concentração de 2% se observaram diferenças em todos os períodos avaliados. Aos 15 e 30 dias após a aplicação, apenas o índice volumétrico de 60 mL m⁻³

³ foi tão eficaz quanto a testemunha. A partir dos 45 dias, até a avaliação final, aos 90 dias após a aplicação, os índices volumétricos de 45 e 60 mL m⁻³ não diferiram da testemunha, ou seja, a ação do tratamento de índice volumétrico de 45 mL m⁻³ foi mais demorada, porém na avaliação final foi tão eficaz quanto o controle mecânico.

Pela análise de regressão (Figura 10 e Quadro 13), pôde-se observar que, nas duas concentrações testadas, com o passar do tempo a eficácia de controle aumentou, exceto para o índice volumétrico de 60 mL m⁻³, que foi sempre o mesmo. Não foi possível ajustar qualquer modelo para o IV60 na concentração de 2% e para o IV30 e 60 na concentração de 3%. Assim, foi considerada a média de blocos nos gráficos.

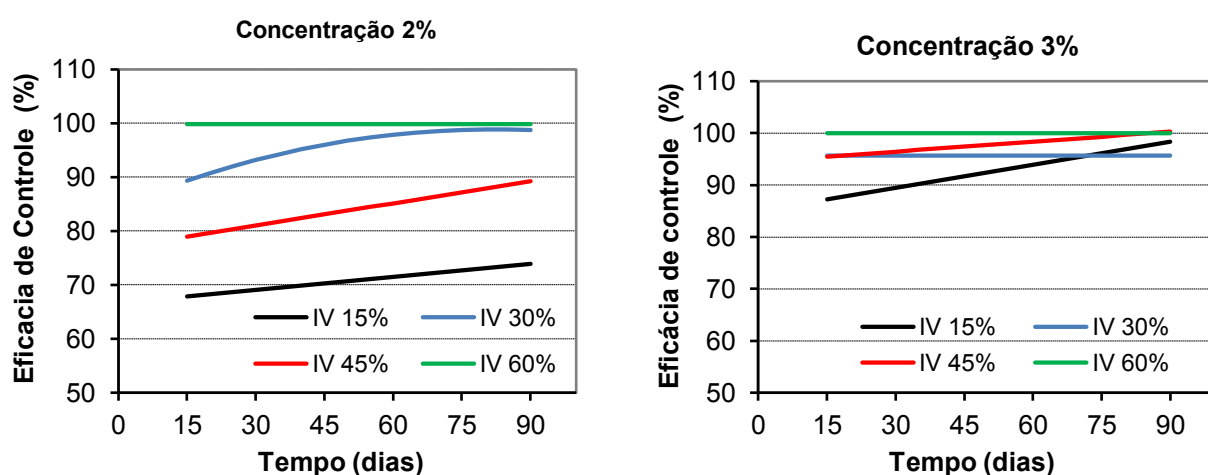


Figura 10 - Eficácia de controle em diferentes periodos.

Quadro 13 - Equações ajustadas aos dados da eficácia de controle em função do tempo

Índice Volumétrico (mL m ⁻³)	Concentração (%)	Equação Ajustada	R ²
15	2	$\hat{Y} = 66,6067 + 0,08114 * T$	0,8905
	3	$\hat{Y} = 85,0267 + 0,1484 * T$	0,8712
30	2	$\hat{Y} = 84,6200 + 0,3494 * T - 0,002143 * T^2$	0,8646
	3	$\hat{Y} = \bar{Y} = 95,65$	---
45	2	$\hat{Y} = 76,9000 + 0,1371 * T$	0,8351
	3	$\hat{Y} = 94,5333 + 0,06381 * T$	0,7392
60	2	$\hat{Y} = \bar{Y} = 99,80$	---
	3	$\hat{Y} = \bar{Y} = 99,97$	---

Conclusões

As variáveis mais afetadas pelo índice volumétrico foram a porcentagem de gotas menores que 100 µm, a cobertura e a densidade de gotas que aumentaram com o aumento do índice volumétrico.

O tratamento que proporcionou eficácia de controle semelhante à testemunha, utilizando a menor dose de herbicida, foi o tratamento com índice volumétrico de 15 mL m⁻³ e concentração de herbicida na calda de 3%, portanto sendo o recomendado.

Referências

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; SASAKI, R. S.; RODRIGUES, D. E. Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático. **Revista Ciência Agrária**, v. 56, n. 2, p. 81-87, Abr./Jun. 2013.

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efficiency of the spray tip using hydraulic hollow cone from the spectral analysis of the droplets. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 5, n. 3, Sep./Dec. 2012.

ANDRADE, H. B.; BENEDETTI, V.; MADASCHI, J. C.; BERNARDO, V. Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 105-116, Maio 1997.

BALSARI, P.; MARUCCO, P.; TAMAGNONE, M. A crop identification system (CIS) to optimize pesticide applications in orchards. **The Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Kent, v. 84, n. 6, p. 113-116, 2009.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. 3rd. ed. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1457-1465, 2008.

CELEN, I. H. Effect of angle of sprayer deflector on spray distribution in dwarf apple trees. **Journal of Agronomy**, New York, v. 7, n. 2, p. 206-208, 2008.

FRANS, R. E. Measuring plant responses. In: WILKINSON, R. E. **Research methods in weed science**. Southern: Weed Science Society, 1972. p. 28-41.

GIL, E.; ESCOLÀ, A.; ROSELL, J. R.; PLANAS, S.; VAL, L. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, Oxford, v. 26, n. 8, p. 1287-1297, 2007.

JACOBS, M. R. **Growth habits in eucalypts**. Canberra: Forestry and Timber Bureau, 1955. 262 p.

KÖPPEN, W. **Climatologia como un estudio de los climas de tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

LLORENS, J.; GIL, E.; LLOP, J.; ESCOLÀ, A. Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency. **Crop Protection**, v. 29, n. 3, p. 239-248, 2010.

LOPES, H. N. S. **Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

LUOSTARINEN, K.; HUOTARI, N.; TILLMAN-SUTELA, E. Effect of regeneration method on growth, wood density and fibre properties of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.). **Silva Fennica**, v. 43, n. 3, p. 329-338, 2009.

MACHADO, A. F. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do eucalipto. In: FERREIRA, L. R. et al. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. Viçosa, MG: DFT/UFV, 2010. p. 15-37.

MACHADO, M. S. **Diâmetro de coroamento e métodos de controle de plantas daninhas no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MARÇAL, A. R. S.; CUNHA, M. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 51, n. 3, p. 811-821, 2008.

MEWES, W. L. C.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZANUNCIO, J. C.; ALVARENGA, C. B. Aplicação de agrotóxicos em eucalipto utilizando pulverizador pneumático. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 347-353, 2013.

SATICHIVI, N. M. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675-679, 2000.

SILVA, J. F. et al. Herbicida: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 367 p.

SYNGENTA. **Water-sensitive paper for monitoring spray distributions**. CH-4002. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection, 2002.

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

WALKLATE, P. J.; CROSS, J. V.; PERGHER, G. Support system for efficient dosage of orchard and vineyard spraying products. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 75, n. 2, p. 355-362, 2011.

WALTERS, J. R.; BELL, T. L.; READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus oblique* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v. 53, p. 195-203, 2005.

WILDY, D. T.; PATE, J. S. Quantifying above- and below-ground growth responses of the western Australian oil mallee, *Eucalyptus kochii* subsp. *Plenissima*, to contrasting decapitation regimes. **Annals of Botany**, v. 90, p.185-197, 2002.

ZBONAK, A.; BUSH, T.; GRZESKOWIAK, V. Comparison of tree growth, wood, density and anatomical properties between coppiced trees and parent crop of six *Eucalyptus* genotypes. **IUFRO**, Durban, p.1-10, 2007.