

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA PONTA DE
PULVERIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CALDAS EM
PULVERIZADORES COSTAIS MANUAIS**

Alcides Marangoni Junior

Engenheiro Agrônomo

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA PONTA DE
PULVERIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CALDAS EM
PULVERIZADORES COSTAIS MANUAIS**

Alcides Marangoni Junior

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2018

Marangoni Junior, Alcides
M311i Influência da pressão e da ponta de pulverização na distribuição de
 caldas em pulverizadores costais manuais / Alcides Marangoni Junior.
 -- Jaboticabal, 2018
 xi, 30 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Paulo Roberto Pala Martinelli, Leila Trevisan
Braz
Bibliografia

1. Disco difusor de cerâmica. 2. Ponta de jato plano. 3. Ponta de
jato cônico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 632.934.1

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA PONTA DE PULVERIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CALDAS EM PULVERIZADORES COSTAIS MANUAIS

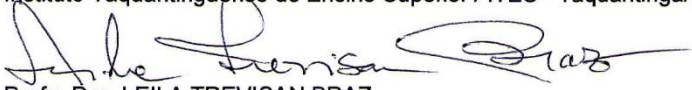
AUTOR: ALCIDES MARANGONI JUNIOR

ORIENTADOR: MARCELO DA COSTA FERREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. PAULO ROBERTO PALA MARTINELLI
Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior / ITES - Taquaritinga/SP


Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ
Departamento de Produção Vegetal (Horticultura) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de abril de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ALCIDES MARANGONI JUNIOR – Filho de Alcides Marangoni e Maria Teresinha Marangoni, nasceu em Campinas-SP, no dia 11 de março de 1966. Em fevereiro de 1985, ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG. Em março de 1993 ingressou no curso de especialização *Latu Sensu* de Engenharia de Segurança do Trabalho na Universidade de Campinas (UNICAMP). Desde fevereiro de 2006 atua como professor no Instituto Federal do Maranhão (IFMA) Câmpus Monte Castelo, São Luis-MA. Iniciou em setembro de 2016 o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), por meio do programa de Mestrado Interinstitucional (MINTER), convênio entre o IFMA e a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP–FCAV), Câmpus de Jaboticabal-SP. No mês de abril de 2018, submeteu-se à banca para a defesa de Dissertação e obtenção do título de Mestre em Agronomia.

***“A educação é a arma mais poderosa que você pode
usar para mudar o mundo.”***

Nelson Mandela

DEDICO

Ao meu irmão André e família, em especial, a minha filha Clarice, minha força de inspiração. Aos meus tios e tias, também a minha tia Luiza (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus sempre presente em todos os momentos de minha vida iluminando meus caminhos.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, minha gratidão pela orientação na condução deste estudo, seus ensinamentos, paciência, confiança e apoio.

Aos Profs. Drs. membros da Comissão Examinadora da Qualificação: Leila Trevisan Braz, Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, Walter Maldonado Junior e Marcelo da Costa Ferreira (Orientador).

Aos professores membros da Banca de Defesa: Leila Trevisan Braz, Paulo Roberto Pala Martinelli e Marcelo da Costa Ferreira (Orientador), pela atenção e, principalmente, pelas críticas e sugestões que contribuíram de forma significativa para a qualidade final deste estudo.

Aos amigos da UNESP, do Departamento de Fitossanidade, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao doutorando Fabiano Griesang e Ana Beatriz Dilena Spadoni, Jeruska Brenha, Leonardo de Freitas Zechin, Nathália Garlish e Ricardo Augusto Decaro, pelo apoio e colaboração nas diversas fases deste trabalho.

Aos funcionários Angela Maria Vitale Pelegrini, Cibele da Silva Anton, Jurandir de Oliveira, Natalina Donizeti Curci, Wanderley Penteado Brasil e em especial a Wanderlei Dibelli pela colaboração nas diversas fases deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP–FCAV), Câmpus de Jaboticabal-SP, pela oportunidade de aprendizado.

Ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA) pela oportunidade e pelo meu afastamento das atividades para cursar o mestrado.

Ao Programa de Mestrado em Produção Vegetal da (UNESP–FCAV), Câmpus de Jaboticabal-SP, pela oportunidade de aprendizado.

À Coordenação do Convênio do programa Minter (IFMA) e (UNESP–FCAV), pela oferta da modalidade deste mestrado e pelo auxílio institucional.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Propriedades rurais e agricultura familiar | 3 |
| 2.2 Pulverizador costal e melhorias nas técnicas de aplicação | 4 |
| 2.2.1 Pontas de pulverização e pressão | 6 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 5 CONCLUSÕES | 24 |
| REFERÊNCIAS | 25 |

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA PONTA DE PULVERIZAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE CALDAS EM PULVERIZADORES COSTAIS MANUAIS

RESUMO – O uso de pulverizadores costais manuais no Brasil é frequente em todas as propriedades rurais. Entretanto, são escassos os trabalhos de pesquisa que avaliem as suas características de trabalho, sobretudo com o modelo de ponta de pulverização que equipa os pulverizadores de fábrica e nas condições de pressão de trabalho predominantes na utilização. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar quanto os modelos de pontas e a pressão de trabalho influenciam na qualidade da distribuição de caldas fitossanitárias com pulverizadores costais manuais. Foram avaliadas em mesa de deposição quatro modelos de pontas de pulverização (jato plano convencional - Magnojet TP 110015; jato plano defletor - Teejet TT 110015; jatos cônicos vazios - TeeJet TXA 80015 e “chapinha” original), a 1, 2, 3 e 4 bar de pressão. As análises do perfil de distribuição dos jatos foram realizadas por simetria e o coeficiente de variação analisado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os modelos de pontas de pulverização e pressão de trabalho influenciaram em mais de 100% os valores de uniformidade de distribuição da calda, e cerca de 50% na largura da faixa útil de tratamento fitossanitário. Dentre os modelos avaliados neste trabalho, o de jato defletor é o que apresenta o melhor conjunto de características para ser indicado a equipar os pulverizadores costais manuais para os tratamentos fitossanitários a campo.

Palavras-chave: disco difusor de cerâmica, ponta de jato plano, ponta de jato cônico

INFLUENCE OF WORKING PRESSURE AND SPRAY NOZZLE ON THE DISTRIBUTION OF SPRAY LIQUID IN MANUAL BACKPACK SPRAYERS

ABSTRACT – Manual backpack sprayers are widely used in rural properties in Brazil. However, studies that assess their working characteristics, especially spray tip models and working pressure conditions, are scarce. Thus, the aim of this study was to assess how much the working pressure and spray tips influence the distribution quality of phytosanitary spray solutions in manual backpack sprayers. Four spray nozzles (standard flat-fan Magnojet TP110015, turbo flat-fan TeeJet TT110015, hollow-cone TeeJet TXA80015, and disc-core) were assessed in a patternator table at 1, 2, 3, and 4 bar. Distribution profile analyses of sprays were performed by symmetry and the coefficient of variation analyzed by the Tukey's test ($p < 0.05$). Spray tip models and working pressure influenced in more than 100% the distribution uniformity values of spray solution and in about 50% the useful bandwidth of the phytosanitary treatment. Among the models assessed in this study, the turbo flat-fan spray nozzle presents the best set of characteristics to be indicated for manual backpack sprayers aiming at field phytosanitary treatments.

Keywords: Disc-core spray nozzle, flat-fan spray nozzle, hollow-cone spray nozzle

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui mais de 7 milhões de imóveis rurais, dos quais cerca de um terço são menores que 10 ha (DIEESE, 2006; BRASIL, 2015). Mesmo nestas propriedades há necessidade de mecanização, visando manter a atividade viável com menor disponibilidade de mão-de-obra, bem como ampliar a capacidade e eficiência produtiva (KIENZLE; ASHBURNER; SIMS, 2013).

Em propriedades de menor área utilizam-se nos cultivos, prioritariamente, máquinas menores como os equipamentos portáteis, nos quais se insere o pulverizador costal manual (KIENZLE; ASHBURNER; SIMS, 2013). Porém, este tipo de equipamento é constante em propriedades de todos os tamanhos, sendo considerado para atividades diversas, em trabalhos fundamentais ou para pequenos serviços, sendo rara a propriedade rural que não possua ao menos um pulverizador costal manual (CASALI, 2015). Sendo assim, no Brasil estes equipamentos são diariamente comercializados aos milhares e utilizados aos milhões.

Sua utilização, entretanto, nem sempre se dá com boas práticas agrônômicas, carecendo de desenvolvimento em procedimentos operacionais, de adequação de acessórios e em aspectos ergonômicos (FREITAS, 2006; SASAKI et al., 2013; VITÓRIA et al., 2014).

Dentre os seus componentes, a ponta de pulverização merece atenção especial, uma vez que é a responsável pela produção e distribuição das gotas, podendo ser considerado o item mais importante do pulverizador (MATUO, 1990).

Em pulverizadores costais manuais a ponta de pulverização que geralmente acompanha os equipamentos a partir da fábrica são conhecidas como “chapinha”, que consiste de um disco de aço com um orifício central, associado à um núcleo de orifícios ou canalículos enviesados, responsável pelo movimento helicoidal do líquido.

Ao atravessar a região entre o núcleo e o disco, o líquido em movimento helicoidal é emitido através do orifício do disco em direção ao ar, cuja resistência resulta na fragmentação do líquido em gotas lançadas a 360 graus em relação ao bico. A fragmentação e distribuição desta forma é conhecida por “pulverização de jato cônico”. O padrão de distribuição do líquido pelas pontas de pulverização tem sido avaliado, em comparação aos modelos conhecidos como pontas de jato plano ou de

“jato leque”, que normalmente apresentam padrão mais uniforme e simétrico do jato de pulverização, além de resultar em menores riscos de perdas por deriva (BUTLER-ELLIS; TUCK, 1999; ROMÁN et al., 2009; GRIESANG et al., 2017).

A pressão de trabalho dos pulverizadores está diretamente associada com o tamanho das gotas, quanto maior a pressão menor o tamanho das gotas. A pressão também interfere no ângulo de pulverização e na cobertura, por isto recomenda-se trabalhar dentro de pressão adequada, encontrada nos catálogos de pontas de pulverização (CAMARA et al., 2008; TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

Na literatura há escassez de trabalhos científicos para o padrão de uso de pulverizadores costais manuais, com o modelo de ponta “chapinha”, nas pressões praticadas com estes equipamentos, implicando em indicações imprecisas para os tratamentos fitossanitários.

Com isto, o trabalho objetivou avaliar quanto os modelos de pontas e a pressão de trabalho influenciam na qualidade da distribuição de caldas fitossanitárias com pulverizadores costais manuais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Propriedades rurais e agricultura familiar

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 90% das 570 milhões de fazendas do mundo pertencem e são operadas por famílias, sendo a maioria constituída por pequenas propriedades. Muitos desses agricultores familiares são pobres, têm insegurança alimentar e acesso limitado a mercados e serviços, mas cultivam suas próprias terras e produzem alimentos para proporção substancial da população mundial. Além da agricultura, eles assumem múltiplas atividades econômicas (muitas vezes informais) para contribuir com seus pequenos rendimentos (FAO, 2018).

Acompanhando o significativo aumento da população mundial está a demanda cada vez mais crescente por alimentos, e em mesmo ritmo surgem as preocupações com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Portanto, alimentar mais de sete bilhões de pessoas com sustentabilidade ambiental é um dos vários desafios das gerações futuras frente aos novos rumos da agricultura (FAO, 2014).

Diante à necessidade de agricultura sustentável para enfrentar o triplo desafio de produzir mais alimentos, criar mais empregos e preservar a base de recursos naturais, os pequenos agricultores familiares estão no centro da solução (FAO, 2018).

Com o crescente avanço da agricultura de precisão baseada na otimização da aplicação de insumos de forma localizada a taxa variada, por meio de aparatos tecnológicos que incluem: sensores, computadores de bordo, controladores de pulverização, além de mapeamento e aplicação via satélite; para conseguir se manter na cadeia competitiva do agronegócio (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002; MAPA, 2009; INAMASU; BERNARDI, 2014; MIRANDA; VERÍSSIMO; CEOLIN, 2017), o pequeno proprietário rural vem aos poucos se moldando às exigências inovativas impostas por este novo cenário agrícola. Contudo, o agricultor familiar ainda vive às margens desse cenário, carecendo de alternativas economicamente mais viáveis, porém que atendam suas necessidades de produção (DELGADO; BERGAMASCO, 2017).

Diante deste panorama e visando o aumento na produção, pequenos e grandes agricultores fazem uso de práticas para elevar a eficácia no uso de insumos agrícolas,

como fertilizantes e produtos fitossanitários, e investem em equipamentos para a aplicação desses insumos na lavoura (CASALI, 2015).

Existem poucas informações na literatura que auxiliem o agricultor na escolha do melhor modelo de pulverizador condizente com a realidade da lavoura, e ainda menos em relação à determinadas peças que compõem esses equipamentos, a exemplo das pontas de pulverização, que fazem toda a diferença para a qualidade da aplicação e otimização do uso desses equipamentos.

2.2 Pulverizador costal e melhorias nas técnicas de aplicação

A utilização da pulverização de herbicidas e produtos fitossanitários nas lavouras é a principal forma de controle de plantas daninhas, doenças e pragas que afetam as culturas de interesse econômico (SPANOGHE et al., 2007; CUNHA, 2008; GANDOLFO et al., 2013).

Existem diversos modelos de pulverizadores hidráulicos, desde os mais simples, a exemplo do costal manual, até os modelos mais modernos de pulverizadores de barra autopropelidos (CASALI, 2015). Os componentes básicos do circuito hidráulico desses equipamentos são: tanque, agitador, registro, filtro, bomba, comandos e válvulas, manômetro, barra e bicos (MATUO, 1990; MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S/A, 2001).

Os pulverizadores costais manuais são frequentemente mais utilizados em pequenas propriedades para serviços em menor escala de aplicação (SASAKI, et al., 2013), uma vez que seu reservatório se limita a volume que varia de 5 a 20 litros.

A preferência por este equipamento entre agricultores se justifica devido à fácil aquisição pelo baixo custo e versatilidade de uso. Em contrapartida, uma das grandes desvantagens relacionada à sua utilização é o repetitivo esforço físico empregado nas operações de trabalho (MONTEIRO, 2001; FREITAS, 2006).

Dentre os diferentes modelos, o mais comum é o acionado por alavanca e comumente equipado com bomba de pistão (MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S/A, 2001).

Esses equipamentos foram aperfeiçoados no decorrer dos anos, a inserção da válvula de pressão certamente é considerada a mudança mais significativa, uma vez que proporcionou a padronização no tamanho da gota (CASALI, 2015).

Embora tenha ocorrido evolução em relação à tecnologia associada aos equipamentos de aplicação de pulverização de produtos fitossanitários, o uso adequado desses equipamentos no campo ocorre lentamente (RODRIGUES et al., 2015).

Diante do desafio da viabilidade ambiental e econômica do sistema de produção atual, torna-se indispensável o emprego de tecnologia e recursos de aplicação visando a otimização dos produtos aplicados, na promoção de benefícios à produtividade das culturas, uma vez que com a correta utilização do produto fitossanitário a tendência é de se evitar perda de safras, devido à doenças e pragas, bem como minimizar possíveis danos socioambientais em decorrência da possibilidade de deriva (CUNHA, 2008; GANDOLFO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2016; GRIESANG et al., 2017).

A deriva é uma das principais explicações para as perdas de produtos fitossanitários, intoxicação humana e contaminação do ambiente no âmbito agrícola. Por definição, deriva é o movimento de um produto no ar durante ou depois da aplicação para um local diferente do alvo planejado (OZKAN, 2001; MILLER, 2004). Portanto, é tudo o que não atinge o alvo no decorrer da aplicação.

Em adição, com a deriva da pulverização, além do potencial risco ambiental, podem ocorrer efeitos inesperados em plantas não-alvo, tais como: intoxicações, com efeito negativo na produtividade da cultura (VIANA et al., 2010), mudanças no crescimento e na morfoanatomia foliar (TUFFI SANTOS et al., 2007) e danos no desenvolvimento e crescimento em plântulas (RIGOLI et al., 2008).

Melhorias nas técnicas de aplicação, a exemplo da seleção dos melhores modelos de pontas de pulverização, pressão de trabalho e adjuvantes adequados são essenciais para evitar a contaminação ambiental e perdas dos produtos utilizados (GRIESANG et al., 2017).

Diante do exposto, um dos principais componentes (peças) dos equipamentos de aplicação é o bico de pulverização. O bico é um dispositivo de precisão que facilita a dispersão do líquido (produto) na pulverização. Os bicos são empregados para três finalidades: distribuir um líquido em uma área, aumentar a área de superfície do líquido e criar força de impacto em superfície sólida (MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S/A, 2001).

Os bicos de pulverização podem ser categorizados com base na entrada de energia usada para causar a atomização, a quebra do líquido em gotas (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

O bico é constituído por várias partes, contudo, a ponta de pulverização é considerada a mais importante (Figura 1) (MATUO, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1999; VIANA et al., 2010).

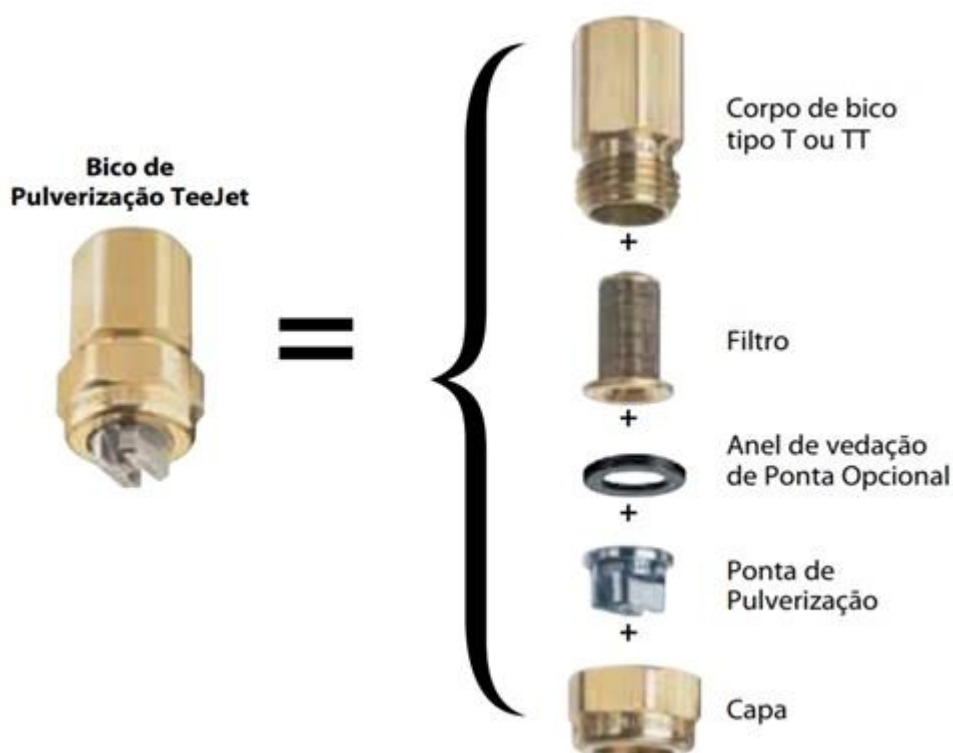


Figura 1. Imagem ilustrativa das peças comuns de um bico de pulverização padrão. Fonte: Teejet Technologies (2014).

2.2.1 Pontas de pulverização e pressão

As pontas de pulverização assim como os bicos estão associadas com a precisão e a segurança na aplicação dos produtos fitossanitários, uma vez que são responsáveis pela formação e distribuição das gotas (HOFMAN, 2001; BAUER; RAETANO, 2004; COSTA, 2006; FERNANDES et al., 2007). O uso da ponta de pulverização inadequada e/ou que não esteja funcionando corretamente pode resultar em redução no desempenho pela aplicação excessiva ou na necessidade de nova aplicação (RAMOS, 2001; VANELLA; SALYANI; BALSARI, 2011).

As pontas possuem características distintas de distribuição volumétrica, e essas características são específicas para determinadas condições de altura do bico em relação ao alvo (MATTHEWS, 2002). Desta forma, a escolha da ponta de pulverização mais adequada vai depender das diferentes condições de trabalho (CARVALHO, 2014).

Portanto, para a seleção da ponta deve ser considerado: o tipo de produto a ser aplicado (inseticida, fungicida, herbicida, etc.); o tipo de aplicação (pré ou pós-emergência; área total ou em faixa), o modo de ação dos produtos (contato ou sistêmico), as condições meteorológicas (vento, temperatura e umidade relativa) e a presença de culturas sensíveis ao produto aplicado em áreas adjacentes (RESENDE, 1998; HOFMAN, 2001; CONSTANTIN et al., 2007; GRIESANG et al., 2017).

Os vários modelos de pontas apresentam distintos padrões do jato de pulverização. Os mais comuns são: leque ou jato plano (Figura 2a), cone vazio (Figura 2b) e cone cheio (Figura 2c). Em relação a pulverização com jato plano, existem as seguintes variações: plano estendido e defletor para aplicação em área total e plano contínuo para aplicação dirigida (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

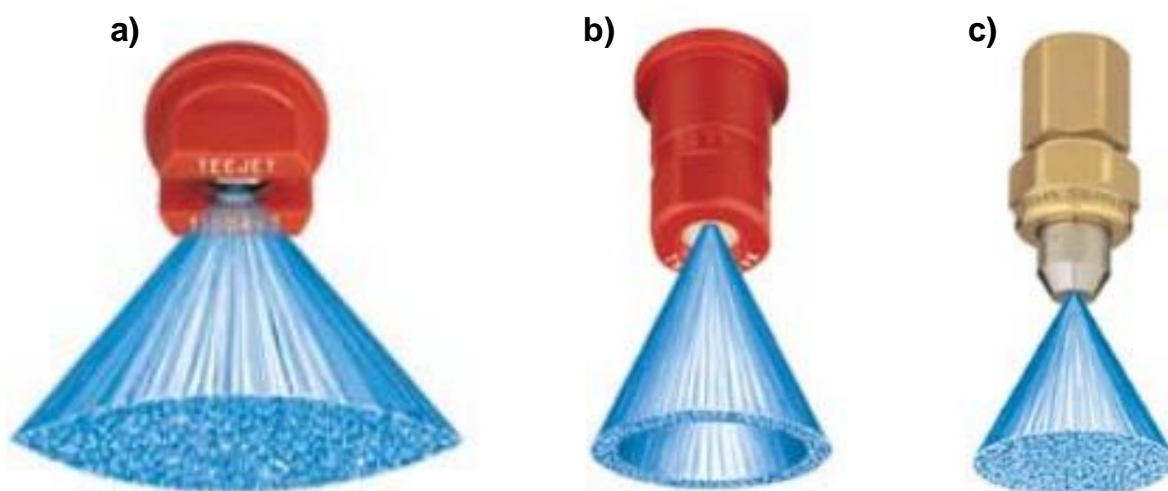


Figura 2. Imagem ilustrativa dos padrões dos jatos de pulverização: leque ou jato plano (a); cone vazio (b) e cone cheio (c). Fonte: Teejet Technologies (2013).

As pontas de pulverização de jato plano possuem a capacidade de abrir o ângulo do jato próximo do seu máximo, há distribuição uniforme das gotas sobre o

alvo, sendo projetada para operar com faixa mais ampla de pressões de pulverização (SOUZA; LHAMBY, 2000).

Os modelos de pontas de pulverização de jato cônico apresentam duas variações básicas: cone vazio e cone cheio. A ponta de pulverização de cone vazio apresenta um padrão em forma de anel, pulverização fragmentada finamente e pode ser operado a altas pressões. Essas características fazem com que os bicos de cone vazio sejam indicados para aplicações sobre massas vegetais com grande superfície, como culturas em pleno desenvolvimento vegetativo. As pontas de jato cônico vazio de indução de ar produzem padrão de pulverização de cone tradicional, mas com gotas maiores para reduzir a deriva (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

Os modelos de pontas de pulverização de cone cheio apresentam padrão de pulverização circular completo. Cones cheios normalmente produzem gotículas mais grossas em relação às de cone vazio. Esses modelos são normalmente usados para pulverização direcionada com alvos mais expostos ou para aplicações em pré-emergência das culturas (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

O modelo de jato de pulverização do tipo plano defletor apresenta padrão de jato plano de ângulo amplo. As mudanças de pressão afetam mais a largura do padrão de pulverização. Em baixas pressões produzem gotas grandes e, em altas pressões, gotas menores; até que as produzidas por pontas de jato plano com a mesma vazão (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

Pontas de pulverização que produzem gotas de classe de tamanho finas representam maior risco de deriva. Em contrapartida, pontas que produzem gotas grossas diminuem este risco (VIANA et al., 2010; GANDOLFO et al., 2013; CARVALHO, 2014; ALMEIDA et al., 2016).

Griesang et al. (2017) investigando o quanto os modelos de bicos e adjuvantes reduzem a deriva de pulverização, observaram que o modelo de ponta de pulverização de indução de ar apresentou a maior influência na mitigação da deriva de gotículas, em mais de 70%, e quando combinado ao uso de adjuvantes a redução da deriva atingiu 80%.

As variações nos tamanhos das gotas são controladas alterando-se a pressão, a vazão ou o ângulo do jato do bico do pulverizador (RESENDE, 1998).

O fluxo de calda que passa através do bico varia de acordo com a pressão. A relação entre a vazão em litros por minuto (L/min) e a pressão (bar) é quadrática, dada pela seguinte equação:

$$\frac{L/\text{min}_1}{L/\text{min}_2} = \frac{\sqrt{\text{bar}_1}}{\sqrt{\text{bar}_2}}$$

Ou seja, para o aumento de duas vezes da vazão é necessário quadruplicar a pressão. Entretanto, quanto maior a pressão de trabalho menor o tamanho das gotas e maior o desgaste no orifício da ponta de pulverização. Em adição, a pressão afeta o ângulo de pulverização e a cobertura. Por isto recomenda-se trabalhar dentro da pressão adequada. Os dados de desempenho de bicos de pulverização são normalmente fornecidos em catálogos para pulverização de água. Líquidos mais densos ou mais pesados que a água, formam ângulos de pulverização menores. Líquidos menos densos ou mais leves que a água, formam ângulos de pulverização mais amplos (TEEJET TECHNOLOGIES, 2013).

Camara et al. (2008) avaliando o espectro de gotas e os perfis de distribuição volumétrica de bico hidráulico de jato plano de faixa expandida observaram que a percentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm foi menor para a menor pressão utilizada (200 kPa). Os autores também concluíram que a escolha do modelo de ponta de pulverização adequada é mais eficaz para reduzir a deriva do que a redução de pressão.

Dentro deste contexto, para diminuir a deriva nas pulverizações, aumenta-se o tamanho das gotas, reduzindo-se a pressão, ou aumentando-se a vazão da ponta, ou diminuindo-se o ângulo de aplicação (RESENDE, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação do perfil de distribuição volumétrica da calda foi utilizada água de poço artesiano da rede de abastecimento da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP–FCAV), Câmpus de Jaboticabal, SP, com 0,1% do adjuvante óleo mineral (Nimbus, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.), conforme recomendação da FAO (1998).

A mistura da calda foi realizada em tanque de aço inoxidável de 20 L, pressurizado com ar comprimido através de um compressor modelo MSV-5,2 VL 130 (Metalúrgica Schulz S/A). Foram avaliados quatro modelos de pontas de pulverização sendo: jato plano convencional (Magnojet TP 110015 – MAG); jato plano defletor (Teejet TT 110015 – TT); jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015 – TXA); e modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A – CHAP) (Figura 3).

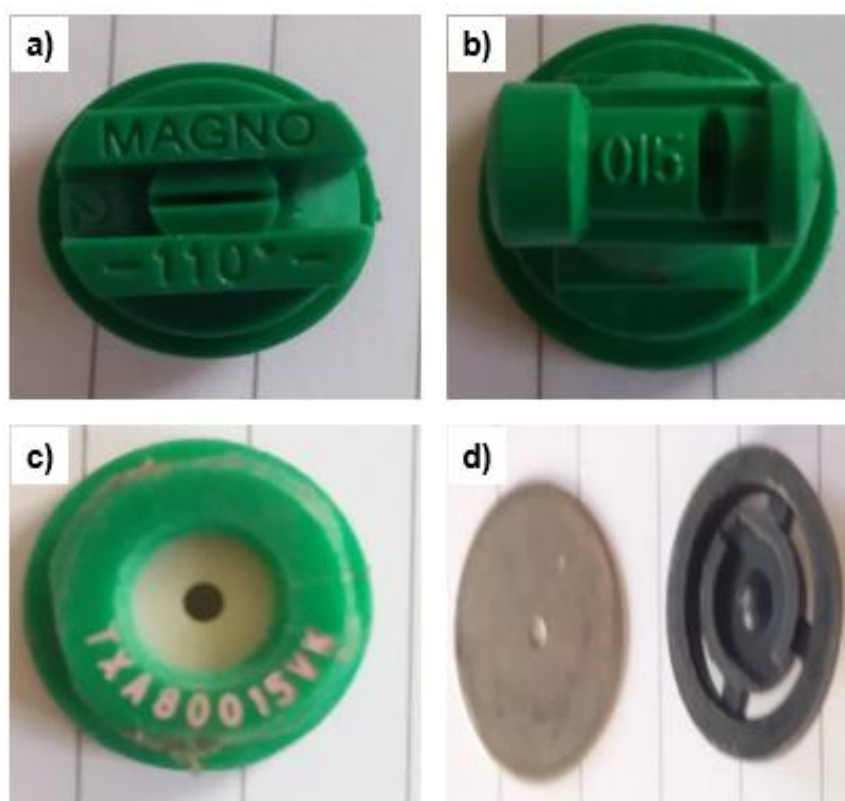


Figura 3. Modelos de pontas de pulverização avaliados em estudo. Magnojet TP 110015 – MAG (a); Teejet TT 110015 – TT (b); TeeJet TXA 80015 – TXA (c) e Máquinas Agrícolas Jacto S/A – CHAP (d).

O perfil de distribuição foi avaliado utilizando mesa de deposição composta com chapa de metal corrugada e inclinada formando 67 canaletas, com distância de 2,5 cm entre as canaletas totalizando uma faixa de 167,5 cm de largura (OMS, 1976). Na parte baixa da mesa de deposição foram colocados 61 tubos de ensaio de 100 mL para coleta da calda pulverizada (Figura 4).



Figura 4. Perfil de distribuição volumétrica de calda aspergida por ponta de pulverização defletora (TT 110015), detalhado em tubos de coleta componentes de mesa de deposição.

As pontas avaliadas foram posicionadas no centro da mesa, a 50 cm de altura, segundo recomendação da FAO (1998) (Figura 5). O perfil de distribuição volumétrica foi avaliado para cada tratamento. A pulverização foi realizada até que os tubos de ensaio das canaletas centrais (que recebem maior quantidade de calda) atingissem 90% do limite máximo do volume.

Em seguida, foi registrado o volume de calda contido em cada tubo de ensaio. O perfil de distribuição volumétrica foi determinado com base em coleta nas três repetições para cada ponta de pulverização e pressão de trabalho.



Figura 5. Detalhe do jato cônico vazio de uma das pontas de pulverização avaliadas (TXA 80015), no estudo da distribuição em mesa de deposição, com distância de 50 cm entre a ponta de pulverização e a superfície da mesa.

Os volumes coletados foram utilizados para determinar os coeficientes de variação de volumes coletados dentro de uma faixa pré-definida (FAO 1998) e a faixa tratada, através da elaboração de perfil de distribuição volumétrica para cada ponta testada, nas pressões de 1, 2, 3 e 4 bar, geralmente as pressões mínimas e máximas de trabalho, verificadas para os pulverizadores costais manuais a campo.

Os valores para o cálculo do coeficiente de variação e da largura da faixa foram padronizados entre extremos posteriores da distribuição da calda, com o mínimo de 60% do volume médio pulverizado, considerado como faixa útil tratada. Essa percentagem foi definida para não comprometer o controle fitossanitário do alvo a ser controlado no tratamento realizado (FERREIRA; DI OLIVEIRA; DAL PIETRO, 2009).

O perfil de distribuição dos jatos foi expresso graficamente por meio da análise de simetria do volume coletado à direita e à esquerda da posição central do bico sobre a mesa de deposição, comparados com o coeficiente de determinação (R^2), sendo

considerado simétrico quando verificado valores maiores que 0,96 (FERNANDES et al., 2007).

Para o experimento foi adotado o esquema fatorial com dois fatores (pressão e ponta), em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições.

Os valores de coeficiente de variação das faixas de largura definida e para faixa de largura que compreende 60% do volume total aplicado, a partir do 20 percentil inferior até o percentil de 80%, bem como, a largura da faixa (cm) que compreende 60% do volume, foram comparados pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil de distribuição dos modelos de pontas de pulverização é característico de jato descontínuo (Figura 6), apresentando padrão unimodal para os modelos de jato plano padrão (MAG) e defletor (TT) e bimodal para os modelos de jato cônico (TXA e “chapinha”). As pressões de trabalho interferiram na distribuição. Em geral ampliaram a faixa tratada e diminuíram irregularidades, exceto para o modelo TT, para o qual as variações de pressão não expressaram diferenças muito evidentes. Os modelos de jato plano apresentaram uma largura maior da faixa tratada, em relação aos modelos de jato cônico. A maior faixa foi observada para o modelo TT e a menor para o modelo “chapinha”.

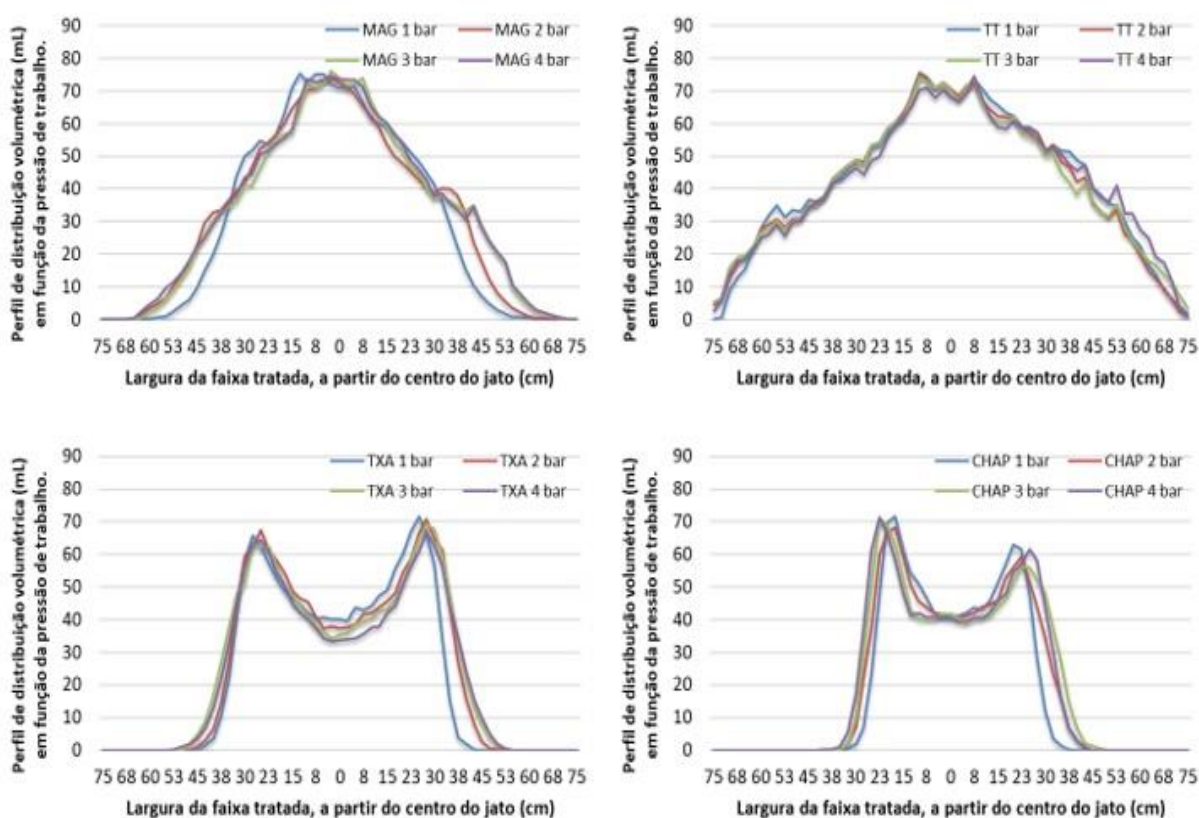


Figura 6. Perfil de distribuição volumétrica percentual de caldas fitossanitárias em diferentes modelos de pontas de pulverização e pressões de trabalho em pulverizador costal manual. MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

O padrão de jato descontínuo é característico das pontas de pulverização e é o mais utilizado. Este padrão pressupõe sobreposição entre jatos de bicos subsequentes (MATUO, 1990; MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2014). Em barra de pulverização, a sobreposição entre os jatos é indicada pelos fabricantes com margem de segurança, com coeficiente de variação, em geral, em torno de 5% (FERNANDES et al., 2007).

No uso de pontas individuais não há sobreposição entre os jatos, o que torna as margens de segurança menores, bem como, os limites da faixa de aplicação, considerando que a distribuição do volume se altera ao se distanciar do centro do jato. Para evitar que parte da área tratada receba quantidade insuficiente de calda, é importante determinar a faixa útil para a aplicação, com base no volume maior emitido pela ponta.

Estas faixas comumente variam de acordo com a pressão de trabalho e com a calda utilizada (CAMARA et al., 2008), dada a força exercida para a saída do líquido através do bico, bem como, da fluidez característica do próprio líquido. Considerando a abertura do jato e a distribuição da calda numa faixa tratada, a distribuição deve ser simétrica em relação à linha de caminhamento do bico.

Para os modelos de pontas de pulverização avaliados neste trabalho, a simetria dos jatos de calda aspergidos foi satisfatória (Figura 7), com coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,96, considerados simétricos (FERNANDES et al., 2007; FERREIRA et al., 2007; ROMÁN et al., 2010), exceto para o modelo “chapinha”, que apresentou R^2 menor que 0,94.

Os coeficientes angulares da equação de regressão da distribuição volumétrica dos modelos TT e TXA foram próximos de 1. Isto significa que a distribuição de volumes foi simétrica em relação à linha de caminhamento. O modelo MAG apresentou coeficiente angular de 0,91 e o modelo “chapinha” de 0,81, indicando desvio na distribuição volumétrica da calda, com o maior valor para o modelo “chapinha” (Figura 7).

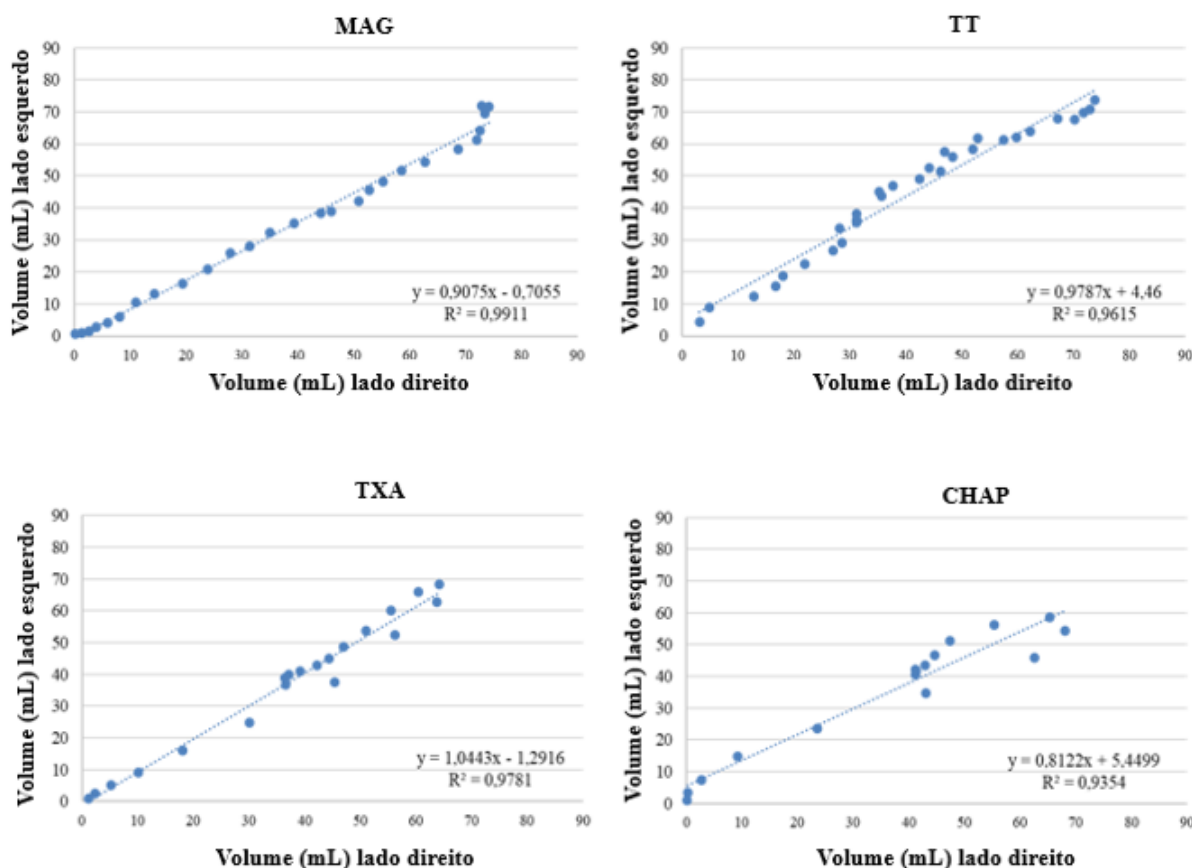


Figura 7. Simetria da distribuição volumétrica de caldas fitossanitárias obtidas de modelos de pontas de pulverização em pulverizador costal manual. Média das pressões de trabalho (1, 2, 3 e 4 bar). MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

A simetria também é uma característica de cada modelo de ponta de pulverização (MATUO, 1990; MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2014). Entretanto, esta pode variar quanto aos padrões e controle de qualidade do fabricante e pelos cuidados no uso.

Os modelos de pontas de pulverização que produzem gotas menores, como ocorre para os modelos TXA e “chapinha”, são geralmente escolhidos pelos produtores por resultarem em maior cobertura dos alvos (COURSHEE, 1967). Porém, como gotas menores são mais sujeitas à evaporação e ao arraste pelo vento, estas comumente implicam em menor uniformidade de distribuição da calda sobre as plantas (ROMÁN et al., 2009).

Entre os três exemplares de pontas de pulverização utilizados, houve diferenças para as faixas de aplicação (Figura 8). Dentre as três repetições avaliadas para cada modelo, houve variações de 6 a 8% na abertura do jato entre as repetições 1 e 3, para o modelo MAG; de 8 a 14% entre os exemplares 1 e 3, para o modelo TT; entre 3 e 15% entre os exemplares 2 e 3, para o modelo TXA.

Entretanto, para este modelo não há variação definida entre os exemplares, alterando-se as máximas e mínimas variações. Para o modelo “chapinha” há variações entre exemplares de até 26% da faixa tratada, também sem padrão definido entre exemplares e pressões, alternando as maiores variações (Figura 8). Entre os modelos, houve aumento da faixa de tratamento com a pressão de trabalho, exceto para o modelo TT.

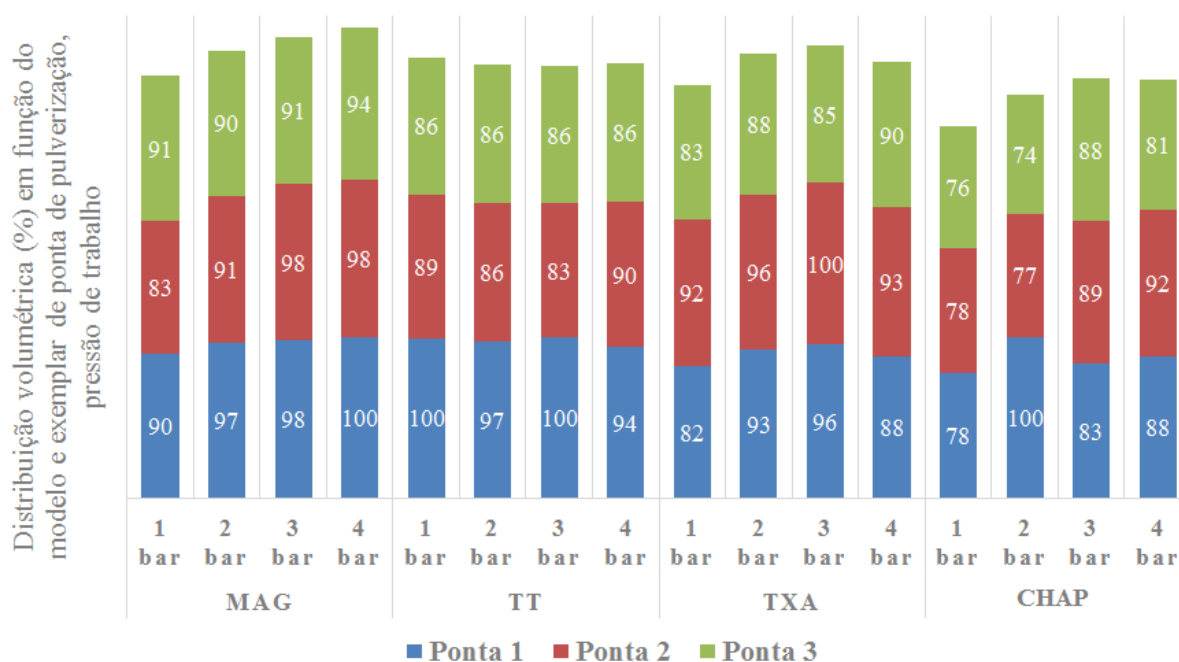


Figura 8. Distribuição volumétrica percentual de caldas fitossanitárias obtidas de quatro modelos e três repetições de pontas de pulverização em quatro pressões de trabalho em pulverizador costal manual. MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

Para os modelos de pontas de pulverização TXA e CHAP houve aumento da faixa até a pressão de 3 bar. Contudo, a variação das características da aplicação

entre exemplares dentro de um mesmo modelo não é desejada, mas é um fato recorrente (CAMARA et al., 2008). É importante salientar que os fabricantes devem seguir um controle de qualidade elevado dos itens produzidos, para evitar que ocorram diferenças significativas entre os exemplares comercializados. A variação na qualidade interfere na distribuição da calda sobre as culturas a serem tratadas.

Observa-se que os modelos de pontas de pulverização influenciaram a distribuição das caldas fitossanitárias, para cada pressão de trabalho avaliada (Figura 9). Considerando a faixa fixa o modelo CHAP foi o que apresentou as maiores médias de coeficiente de variação, com valores em torno de 20%.

Para o modelo CHAP e para o modelo de jato cônico vazio (TXA) observa-se resultados distintos com relação ao aumento da pressão. O coeficiente de variação foi maior com o aumento da pressão para a ponta TXA e diminuiu para o modelo CHAP. Para ambos, entretanto, houve uma variação importante entre as repetições avaliadas. O desvio-padrão dos dados demonstra que a diferença entre pressões para os modelos chapinha e TXA foi menor do que a variação entre as repetições do mesmo modelo (Figura 9).

Os modelos de jato plano apresentaram valores mais baixos de coeficiente de variação entre as repetições de cada modelo e pressões avaliadas (Figura 9). Diante disto, não houve diferenças entre as pressões dentro de cada modelo de ponta e exemplares de pontas para as pressões de 3 e 4 bar. Para as pressões de 1 e 2 bar, houve diferença significativa entre os modelos de ponta denominados de “chapinha” e TT (jato plano defletor).

Para os modelos de jato cônico são verificados na literatura valores até superiores aos obtidos neste trabalho, dadas as características do modelo e forma de distribuição do jato e de formação das gotas. Para modelos DDC (disco difusor de cerâmica), são reportados coeficientes de variação (CV) acima de 14% para pontas novas e acima de 24% para pontas usadas com pressão de 4 bar (VITÓRIA et al., 2014). Isto pode indicar a qualidade do material e mesmo a necessidade de troca dos exemplares utilizados. Visando manter a qualidade de distribuição é considerado aceitável um CV de até 15% (WOLF; SMITH, 1979; SMITH, 1992).

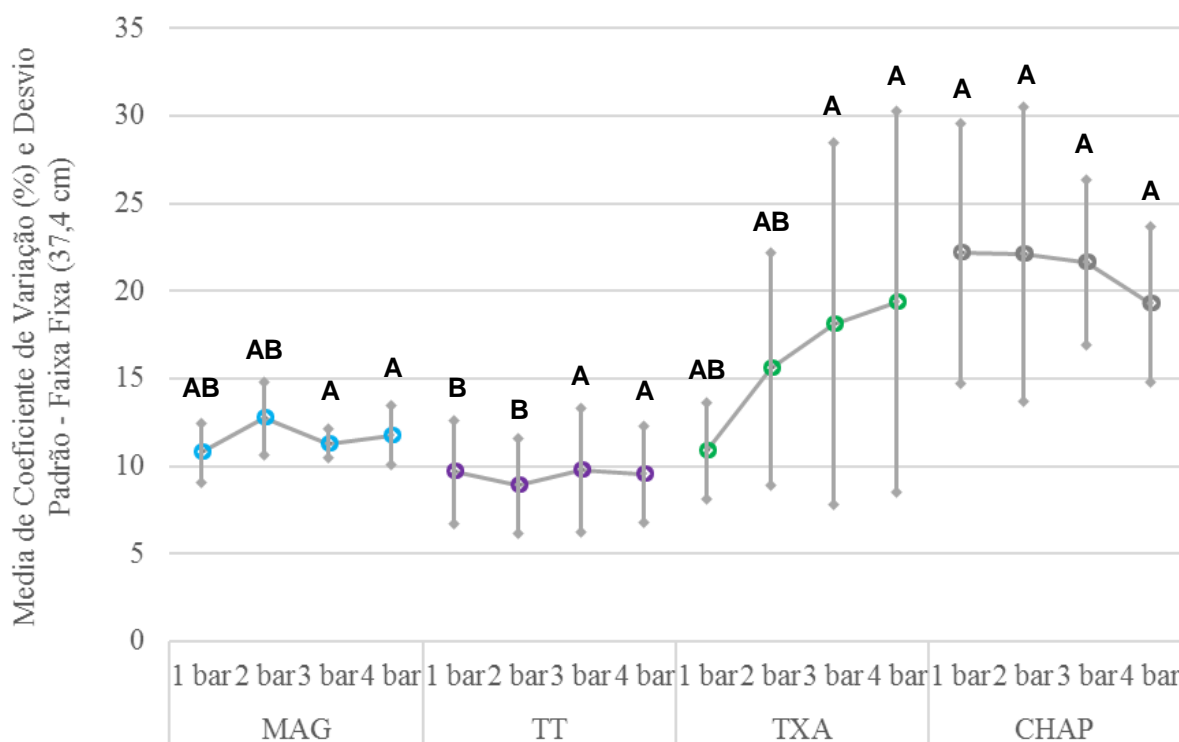


Figura 9. Valores médios de coeficiente de variação (%), e respectivos desvios-padrão, da distribuição de caldas fitossanitárias obtidas de quatro modelos de pontas de pulverização e quatro pressões de trabalho (1, 2, 3 e 4 bar) em pulverizador costal manual. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si (entre pontas dentro de cada pressão), pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS (5%) = 12,26. MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

Os valores verificados para o modelo TXA nas pressões acima de 1 bar e o modelo “chapinha” em todas as pressões analisadas estariam com variações inadequadas para a distribuição. Diversos autores verificaram ser mais adequado para a pulverização um CV em torno de 10%, com uniformidade mais satisfatória (ROTH; WHITNEY; KUHLMAN, 1985; PERECIN et al., 1994; PERECIN et al., 1998). Na condição deste estudo, apenas o modelo TT se enquadrou no padrão mais adequado de distribuição.

Para a faixa de 60% de pulverização considerada útil (excluindo-se 20% do volume coletado de cada extremidade lateral), não houve diferença entre pontas, para

as pressões de 1, 2 e 3 bar e entre pressões para as pontas MAG, TT e CHAP (Figura 10).

Para o modelo de jato cônico vazio (TXA), a pressão de 4 bar apresentou coeficiente de variação maior que o valor verificado para a pressão de 1 bar (Figura 10). Para este modelo o coeficiente de variação também foi maior que para os demais modelos de ponta de pulverização avaliados na pressão de 4 bar. Em média, os coeficientes de variação foram iguais ou menores que 15% para os modelos TT (em todas as pressões), MAG (nas pressões de 1, 2 e 4 bar), TXA (na pressão de 1 bar) e CHAP (na pressão de 1 bar).

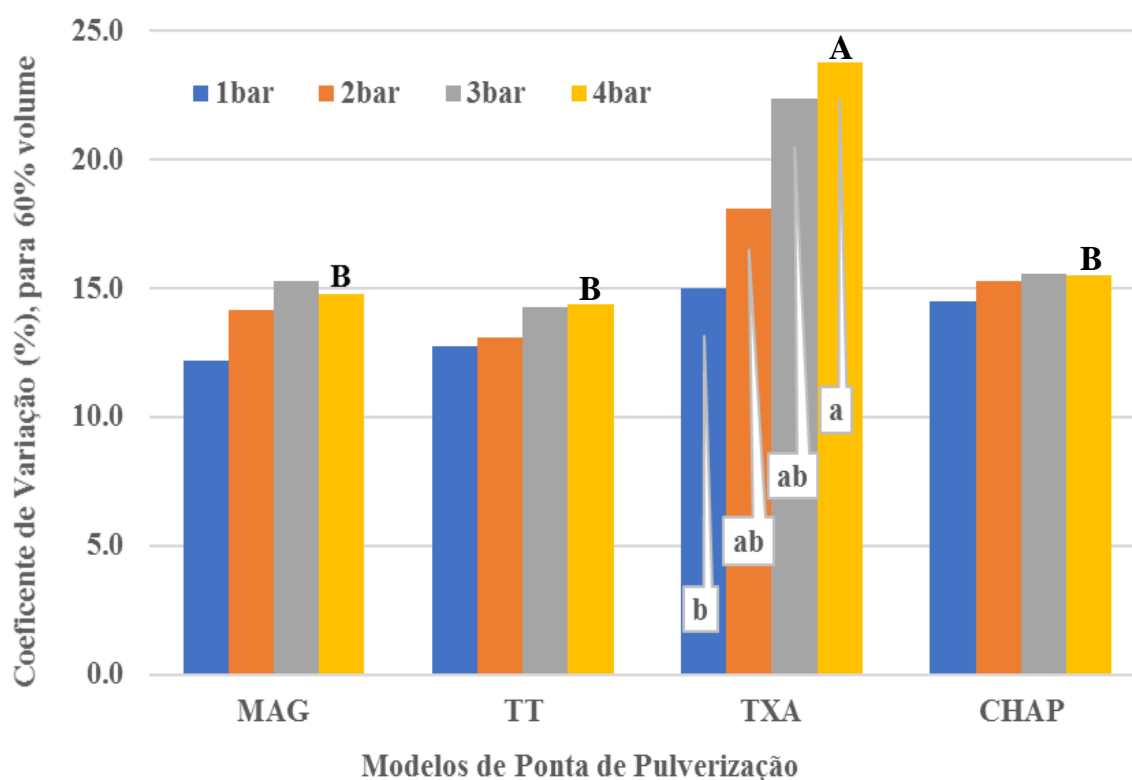


Figura 10. Valores médios de coeficiente de variação (%) da distribuição de caldas fitossanitárias obtidas de quatro modelos de pontas de pulverização e pressões de trabalho em pulverizador costal manual. Médias seguidas de mesma letra (maiúscula: entre pontas; minúscula: entre pressões), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS (5%) = 8,17. MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

O modelo TXA historicamente opera com pressões de 5 bar, ou maiores (TEEJET TECHNOLOGIES, 2014). Recentemente, os catálogos têm apresentado este modelo com operação a partir de 2 bar. Porém, conforme verificado, há alterações em relação a pressão de trabalho, requerendo maior critério para uso com os pulverizadores costais manuais (Figura 10).

Os modelos de ponta de pulverização de jato cônico vazio, via de regra, formam gotas finas a partir do movimento helicoidal do líquido no interior do corpo da ponta de pulverização, que resulta no formato cônico do jato. Todo este processo requer comumente pressão mais elevada em relação aos modelos de jato plano, para a formação das gotas finas (SPANOGHE et al., 2007).

Com o bombeamento realizado através da alavanca presente nos pulverizadores costais manuais é relativamente difícil manter a pressão constante acima de 3 bar. Como o modelo de ponta TXA é sensível às variações nesta faixa de pressão, a recomendação deste modelo de ponta de pulverização pode ser restrita para este tipo de equipamento. Para os demais modelos, a sensibilidade não foi suficiente para implicar em diferenças significativas (Figura 10).

Quando foi considerado 60% do volume para determinação da faixa útil de aplicação, não houve diferença entre pressões para os modelos TT e TXA (Figura 11). Para o modelo MAG, a pressão de 4 bar proporcionou uma faixa tratada maior que para a pressão de 1 bar. Para o modelo CHAP, as pressões de 3 e 4 bar resultaram em faixas significativamente maiores que na pressão de 1 bar.

Em relação as faixas, a largura tratada pelo modelo TT (cerca de 61 a 66 cm) foi maior e representou respectivamente, incremento de 30 a 50% em relação aos modelos MAG (38 a 47 cm) e CHAP (44 a 51 cm).

O modelo TXA resultou em faixa útil maior que o modelo CHAP e ambos não diferiram do modelo MAG. O modelo TT possui padrão defletor de formação do jato, que possui característica de abrir o ângulo do jato, mesmo com pressões menores (PERECIN et al., 1998; ROMÁN et al., 2010; TEEJET TECHNOLOGIES, 2014).

Assim, a faixa tratada pelo modelo de ponta de pulverização TT resultou em boa uniformidade, com área coberta maior que os demais modelos avaliados. Desta forma, é importante considerar que para o pulverizador utilizado na configuração mais comum de trabalho, equipado com um único exemplar de ponta de pulverização, o

modelo defletor (TT) apresentou os melhores resultados de qualidade e quantidade de trabalho realizado, uma vez que apresenta a menor variação e a maior largura útil de utilização, podendo ser indicado para aplicações fitossanitárias.

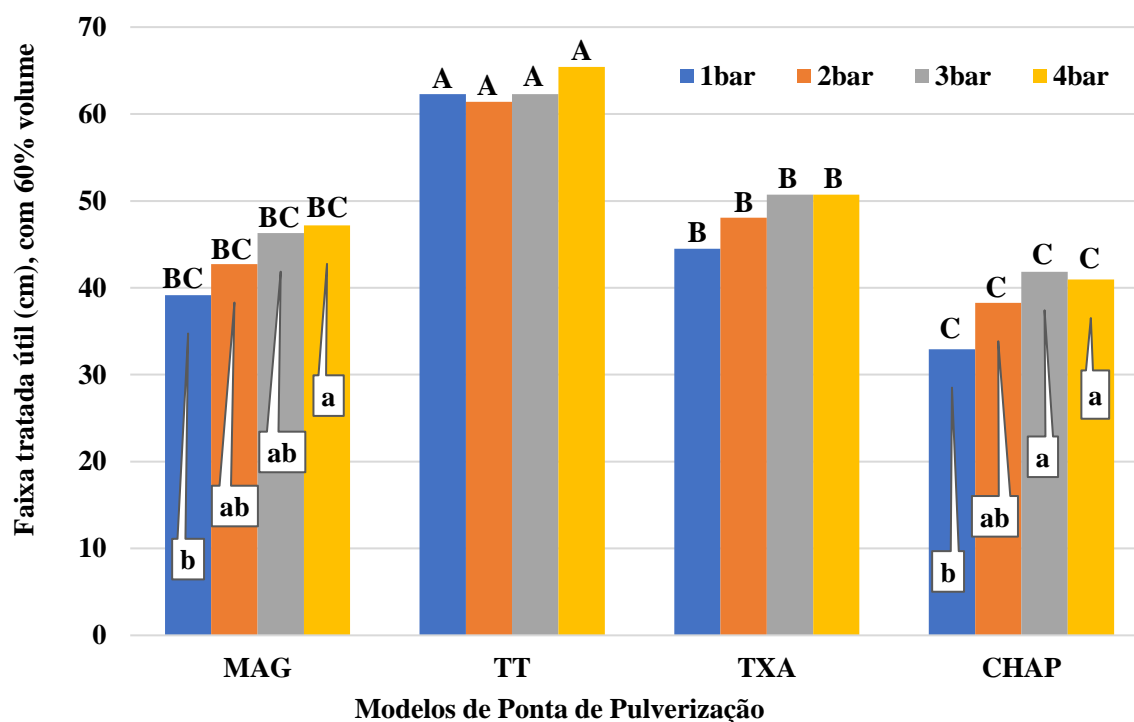


Figura 11. Valores médios de faixa tratada (cm) com caldas fitossanitárias aplicadas com pulverizadores costais em quatro modelos de pontas de pulverização e em quatro pressões de trabalho. Médias seguidas de mesma letra (maiúscula: entre pontas; minúscula: entre pressões), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS (5%) = 7,17. MAG = jato plano convencional (Magnojet TP 110015); TT = jato plano defletor (Teejet TT 110015); TXA = jato cônico vazio (TeeJet TXA 80015) e CHAP = modelo “chapinha” com difusor que equipa de fábrica os pulverizadores costais manuais (Máquinas Agrícolas Jacto S/A).

O modelo de ponta de pulverização CHAP equipa comumente os pulverizadores costais manuais. Assim, fica claro que há possibilidades de melhorar a qualidade e a capacidade operacional para esta atividade. Este modelo na pressão de 2 bar resultou numa faixa tratada de 38 cm contra uma faixa de 61 cm para o modelo defletor (TT). Os melhores desempenhos alcançados para pressões 3 e 4 bar implicam em limitações de esforço para o operador com o pulverizador acionado

manualmente. Para manter o funcionamento o equipamento nestas pressões, há maior exigência do operador para o bombeamento.

Mecanismos que pudessem fornecer mais força ao equipamento como os pulverizadores equipados com motores elétricos, podem ser adotados para aumentar a capacidade de bombeamento sem exigir maior esforço do operador. Estas alternativas já existem e podem também ser utilizadas para aumentar a capacidade de bombeamento (VITÓRIA et al., 2014). Isto poderia favorecer, inclusive, o uso de mais de um bico conectado à barra do pulverizador, novamente incrementando a uniformidade e a qualidade da operação, uma vez que pode haver plantas maiores e que necessitem de faixas mais largas de aplicação. Por outro lado, apenas aumentar a pressão pode não ser interessante, pois isto aumenta o desgaste das pontas de pulverização e mesmo do equipamento, reduzindo a sua vida útil.

Em relação aos preços de mercado, o modelo CHAP de ponta de pulverização é comercializado regionalmente por “US\$ 0.86” (oitenta e seis centavos de dólar americano), o modelo de jato plano padrão – MAG por “US\$ 0.71” (setenta e um centavos de dólar americano) e o modelo de jato plano defletor – TT por “US\$ 3.99” (três dólares americanos e noventa e nove centavos). Quando considerados os aspectos qualitativos e operacionais, estas diferenças encontram justificativas para o uso dos modelos com melhor desempenho. Entretanto, outros ajustes no equipamento poderiam ser avaliados, como a modificação no sistema de bombeamento utilizando êmbolos mais largos para aumentar a capacidade de deslocamento de líquido.

5 CONCLUSÕES

O modelo de jato defletor (TT) é o que apresenta o melhor desempenho em relação aos modelos de jato plano convencional (MAG), jato cônico vazio (TXA) e modelo “chapinha” (CHAP), sendo o mais indicado a equipar os pulverizadores costais manuais para os tratamentos fitossanitários.

Em equipamentos costais manuais, a pressão de trabalho e os modelos de pontas de pulverização influenciam em mais de 100% os valores de uniformidade de distribuição da calda, e cerca de 50% na largura da faixa útil de tratamento fitossanitário.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. P.; AGOSTINI, A. R.; YAMAUCHI, A. K.; DECARO JÚNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Application volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 171–179, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582016340100018>>.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275–284, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000200015>>.

BRASIL. Cadastro Rural. **Cadastro de Imóveis Rurais (Cafir) da RFB conta com aproximadamente 7.442.515 imóveis ativos**. 2015. Disponível em: <http://www.cadastrorural.gov.br/estatisticas/cafir-cadastro-de-imoveis-rurais/copy_of_total-de-imoveis-ativos-no-cadastro-de-imoveis-rurais-cafir-da-rfb-sao-7-442.515>. Acesso em: 19 mar. 2018.

BUTLER-ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 18, n. 2, p. 101–109, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00097-0)>.

CAMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. D. C. Volumetric distribution and spectrum of drops of hydraulic nozzles of plane jet of expanded strip XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000400014>>.

CARVALHO, L. R. **Influência de pontas de pulverização e estandes no espectro e deposição de calda na cultura do feijoeiro**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

CASALI, A. L. **Mechanization for rural development: A review of patterns and progress**. 2015. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999. 14 p. (Boletim técnico, 5).

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.; FLAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 24–29, 2007.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2006.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.). **Fungicide: An advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p. 239–286.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616–1621, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500039>>.

DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. (Orgs.). **Agricultura familiar brasileira: Desafios e perspectivas de futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. 474 p.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Anuário dos trabalhadores**. 2006. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/anuario/2006/anuario2006.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural pesticide sprayers**. v. 1 FAO Guidelines on equipment quality control and use. 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X2244E/X2244E00.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistics Division**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Family farming knowledge platform**. Smallholders and family farming. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming/themes/small-family-farmers/en/>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

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, v. 27, n. 3, p. 728–733, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000400016>>.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471–478, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000300016>>.

FERREIRA, M. C.; DI OLIVEIRA, J. R. G.; DAL PIETRO, I. R. P. S. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 267–276, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000200010>>.

FREITAS, C. S. **Manual na cultura do café no município de Caratinga – MG**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade – *Magister Scientiae*) – Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2006.

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, v. 44, n. 3, p. 474–480, 2013.

GRIESANG, F.; DECARO, R. A.; SANTOS, C. A. M.; SANTOS, E. S.; ROQUE, N. H. D. L.; FERREIRA, M. C. How much do adjuvant and nozzles models reduce the spraying drift? Drift in agricultural spraying. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 8, n. 11, p. 2785–2794, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4236/ajps.2017.811188>>.

HOFMAN, V.; SOLSENG, E. **Reducing the spray drift**. 2001. Disponível em: <<https://www.crystalsugar.com/media/20901/redsprayd.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. **Agricultura de precisão**. In: Agricultura de precisão: Um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 21–33.

KIENZLE, J.; ASHBURNER, J. E.; SIMS, B. G. **Mechanization for rural development: A review of patterns and progress**. v. 20. Rome: FAO, 2013. 364 p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília: MAPA, 2009. 33 p. (Boletim Técnico)

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S. A. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. Pompéia: Máquinas Agrícolas Jacto S. A., 2001. 24 p.

MATIAS, R. S. **Tecnologia de aplicação de inseticidas**. 2016. Disponível em: <<https://www.pragaseeventos.com.br/saude-ambiental/controlado-integrado/tecnologia-de-aplicacao-de-inseticidas/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

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

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R. P.; MILLER, P. C. H. **Pesticide application methods**. London: Longman, 2014. 556 p.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. (Eds.). **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 110–124.

MIRANDA, A. C. C.; VERÍSSIMO, A. M.; CEOLIN, A. C. **Revista Gestão.Org**, Recife, v. 15, Edição Especial, p. 129–137, 2017. ISSN 1679-1827

MONTEIRO, R. A. Processo de trabalho da atividade de aplicação manual de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar: riscos ergonômicos e ecotoxicológicos. João Pessoa: PRODEMA/CCEN/UFPB, 2001. 141 p.

OMS – Organización Mundial de la Salud. Material de lucha contra los vectores. Ginebra: OMS, 1976. 189 p.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. 2001. Disponível em: <<http://www.comam.com.br>>. Acesso em: 17 jul. 2001.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BARBOSA, J. C.; PIO, L. C.; BRAZ, B. A. Padrões de distribuição obtidos com bicos Twinjet em função da altura e do espaçamento entre bicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 14, p. 19–30, 1994.

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 TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, p. 175–182, 1998.

RAMOS, H. H. Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DE AGROTOXICOS: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 2., 2011, Jundiaí. **Anais...**, Jundiaí: Sintag, 2001.

RESENDE, H. **Como usar corretamente o pulverizador costal manual**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1998. 15 p. (Circular Técnica 45).

RIGOLI, R. P.; FONTANA, L. C.; FIGUEREDO, S. S.; NOLDIN, J. A. Resposta de plantas de beterraba (*Beta vulgaris*) e de cenoura (*Daucus carota*) à deriva simulada de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 451–456, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000200022>>.

RODRIGUES, E. B.; ABI-SAAB, O. J. G.; GANDOLFO, M. A.; OLIVEIRA, R. B. Hasegawa, M. M. Deriva de equipamentos costais na aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 1012–1017, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p1012-1017>>.

ROMÁN, R. A. A.; CORTEZ, J. W.; DA COSTA FERREIRA, M.; DI OLIVEIRA, J. R. G. Coverage of soybean crop by spraying liquid due nozzles and spraying volume. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 222–232, 2009.

ROMÁN, R. A. A.; FERREIRA, M. C.; CARVALHO, G. F. G.; BAGGIO, M. V. Spraying distribution, symmetry of fan and droplet size to spray nozzles TF-VS2. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 897–905, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000400023>>.

ROTH, L. O.; WHITNEY, R. W.; KUHLMAN, D. K. Application uniformity and some non-symmetrical distribution patterns of agricultural chemicals. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 28, n. 1, p. 47–50, 1985.

SASAKI, R. S.; MARTINS TEIXEIRA, M.; EDUARDO NOGUEIRA, L.; BATISTA DE ALVARENGA, C.; MORAIS DE OLIVEIRA, M. V. Desempenho operacional de um pulverizador costal elétrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 339–342, 2013.

SMITH, D. B. Uniformity and recovery of broadcast sprays using fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 35, n. 1, p. 39–44, 1992.

SPANOGHE, P.; SCHAMPHELEIRE, M.; VAN der MEEREN, P.; STEURBAUT, W. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 63, p. 4–16, 2007.

SOUZA, R. O.; LHAMBY, J. C. B. **Influência do volume de calda e de bicos de pulverização no manejo de azevém**. Passo Fundo: Embrapa Trigo/Projeto METAS, 2000. 20 p.

TEEJET TECHNOLOGIES. **A user's guide to spray nozzles**. 2013. Disponível em: <http://teejet.it/media/40076/user%27s%20guide%20to%20spray%20nozzles_2013_lo-res-sequential.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2018.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Catálogo 51A-PT**. p. 164, 2014. Disponível em: <http://teejet.it/media/464368/cat51a_lo-res_portuguese.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2018.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 159–163, 2002.

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, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100014>>.

VANELLA, G.; SALYANI, M.; BALSARI, P. Effect of the nozzle adaptor of sprayer calibrator on flow rate measurements. **Crop Protection**, Oxford, v. 30, n. 8, p. 1043–1047, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.010>>.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439–446, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000200024>>.

VITÓRIA, E. L.; ROCHA NETO, F. C.; CHAGAS, K.; TEIXEIRA, M. M.; QUIRINO, A. L. S.; SANTIAGO, H. Ocorrência e distribuição vertical de ácaro-vermelho em algodoeiro herbáceo. **Revista Agro@ambiente on-Line**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 368–376, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.1951>>.

WOLF, D. D.; SMITH, E. S. Uniformity of Seed and Fertilizer Distribution with A Hand-Operated Spinning Spreader. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 22, n. 4, p. 761–762, 1979.