

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE TAMANHO DE
GOTAS DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO DE ENERGIA
CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA CULTURA DO
ALGODOEIRO.**

Rodrigo Alberto Alandia Román
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE TAMANHO DE
GOTAS DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO DE ENERGIA
CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA CULTURA DO
ALGODOEIRO.**

Rodrigo Alberto Alandia Román

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 a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2010

Roman, Rodrigo Alberto Alandia
R758e Estudo das características de tamanho de gotas de bicos de pulverização de energia centrífuga e hidráulica na cultura do algodoeiro / Rodrigo Alberto Alandia Roman. -- Jaboticabal, 2010 vi, 121 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) –Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Otavio Jorge Grigoli Abi Saab, Julio Cesar Galli

Bibliografia

1. Tecnologia de aplicação. 2. Controle químico. 3. Bicos rotativos. 4. Bicos hidráulicos. 5. Inseticida. 6. Algodão. I. Título. II. Jaboticabal- Universidade Estadual Paulista

CDU 632.951:633.51

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RODRIGO ALBERTO ALANDIA ROMÁN – Natural de La Paz – Bolívia, nascido em 15 de outubro de 1985. Em 2004 começou seus estudos de nível superior no curso de Engenharia Agrônômica das Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em 2008, data na qual já tinha sido aceito para começar seus estudos de pós-graduação no curso de mestrado da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal. Durante o curso de mestrado trabalhou com tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários nas culturas de algodão e soja, assim como foi analista do Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas – LAPAR, trabalhando com análises de bicos de energia hidráulica, centrifuga, pneumática e aerossóis. Obteve o título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola) em Junho de 2010.

“Mira que te mando a que te esfuerces y seas valiente, no temas ni desmayes porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas”

Santa Biblia – Josué 1:9

AGRADECIMENTOS

A Deus, senhor de senhores, toda a glória para o nosso pai maior, Muito obrigado por ter me guardado e me dado todas as condições para a conclusão desta etapa, e principalmente por ter colocado pessoas maravilhosas no meu caminho que serão citadas a seguir.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pessoa pela qual tenho uma grande admiração, não só por ter sido um ótimo orientador e ter colaborado na minha formação, mas também pela pessoa que é, me guiando e ajudando a me tornar uma pessoa melhor, profissionalmente e pessoalmente. Muito obrigado por ter confiado em mim, ter me aceitado como orientado e analista do LAPAR, esta conquista é nossa!;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus amados pais, Ricardo Edgar Alandia Vega e Martha Elizabeth Roman Quiroga, por sempre estar do meu lado, me apoiando sem medir esforços e principalmente pelo belo exemplo de pessoas que são;

A minhas irmãs Carla Cecilia e Laura Maria, pelo apoio constante, principalmente à Carla que se tornou uma grande companheira ao se mudar para o Brasil.

Aos meus avos paternos e maternos que representam minha família toda, sempre me brindando apoio a pesar da distância;

A minha amada Milena Alves de Souza, pessoa que entrou na minha vida no momento certo, sempre vou ser agradecido por tudo que fez, faz e fará por mim;

Aos meus queridos Valdir Souza e Márcia Martin por terem aberto as portas da sua família me acolhendo como um filho, sempre serei agradecido;

Ao Departamento de Fitossanidade, principalmente ao Gilson José Leite, de quem aprendi muito e quem sempre esteve pronto para colaborar neste trabalho;

Aos professores Rouverson Pereira da Silva e Eduardo Angeli Furlani, pelo apoio desde minha época de estagiário;

Aos professores Otavio Jorge Grigoli Abi Saab e Julio Cesar Galli por terem participado da banca examinadora e pelas correções do manuscrito;

À professora Maria Alice Bonilha, por ter me apoiado na graduação quando nasceu meu interesse pela tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários;

Aos meus amigos Raphael (Pequeno), Giorge (Fukunda) e Daniel (Gigante) Muito obrigado pela sua amizade e pelo apoio nos trabalhos nestes dois anos.

SUMARIO

	Página
RESUMO.....	iv
SUMMARY.....	v
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	
1. A cultura do algodoeiro.....	1
2. Pragas na cultura do algodoeiro.....	2
2.1 Bicudo do Algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i> Boherman, 1843).....	3
3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.....	4
3.1 Bicos de pulverização.....	6
3.2 Cobertura da planta e penetração das gotas.....	7
3.3 Volume de aplicação.....	8
3.4 Adjuvantes.....	9
REFERÊNCIAS.....	13
CAPÍTULO 2. PARÂMETROS RELACIONADOS AO ESPECTRO DA POPULAÇÃO DE GOTAS E DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE BICOS DE ENERGIA CENTRÍFUGA	
RESUMO.....	21
SUMMARY.....	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Tamanho de gotas de um pulverizador costal motorizado com bico rotativo.....	25
2.2 Tamanho de gotas do bico rotativo para equipamento mecanizado.....	27
2.3 Distribuição volumétrica do bico rotativo.....	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1 Tamanho de gotas de um pulverizador costal motorizado com bico rotativo.....	30
3.2 Tamanho de gotas do bico rotativo para equipamento mecanizado.....	32
3.3 Distribuição volumétrica do bico rotativo.....	37
4. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	47

CAPÍTULO 3. COBERTURA, DEPOSIÇÃO E TAMANHO DE GOTAS DE CALDAS INSETICIDAS POR BICOS HIDRÁULICOS E CENTRÍFUGOS NA CULTURA DO ALGODÃO

RESUMO.....	50
SUMMARY.....	51
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1 Experimento a campo.....	53
2.1.1 Aplicação dos tratamentos.....	54
2.1.2 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.....	57
2.1.3 Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.....	57
2.2 Determinação do tamanho de gotas.....	58
2.3 Delineamento experimental.....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.1 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.....	61
3.2 Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.....	63
3.3 Determinação do tamanho de gotas.....	67
4. CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	73

CAPÍTULO 4. INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS GERADAS POR BICOS ROTATIVOS NA COBERTURA, DEPOSIÇÃO E CONTROLE DE *Anthonomus grandis* NA CULTURA DO ALGODOEIRO

RESUMO.....	77
SUMMARY.....	78
1. INTRODUÇÃO.....	79
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	80
2.1 Experimento a campo.....	80
2.1.1 Aplicação dos tratamentos.....	81
2.1.2 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.....	84
2.1.3 Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.....	84
2.1.4 Controle do bicudo-do-algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>).....	86
2.1.5 Avaliação de produtividade da cultura de algodão.....	87

2.2	Determinação do tamanho de gotas.....	87
2.3	Delineamento experimental.....	88
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
3.1	Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.....	89
3.2	Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.....	91
3.3	Determinação do tamanho de gotas.....	93
3.4	Controle do bicudo-do-algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>).....	98
3.5	Avaliação de produtividade da cultura do algodão.....	103
4.	CONCLUSÃO.....	104
	REFERÊNCIAS.....	104

ESTUDOS DAS CARACTERÍSTICAS DE TAMANHO DE GOTA EM BICOS DE PULVERIZAÇÃO DE ENERGIA CENTRÍFUGA E HIDRÁULICA NA CULTURA DO ALGODOEIRO

RESUMO – Objetivou-se avaliar a características do tamanho de gota, a distribuição volumétrica, cobertura e deposição por bicos de energia centrífuga e hidráulica, assim como o controle do bicudo-do-algodoeiro e produtividade da cultura do algodão. No Laboratório de Análises do Tamanho de Partículas, com utilização de um medidor de gotas por difração a luz laser, foram realizadas todas as avaliações referentes ao tamanho de gota de todos os experimentos. Na primeira avaliação referente ao tamanho de gotas foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com as seguintes variáveis: três dosadores (0,068; 0,129 e 0,181 L.min⁻¹) três rotações (1780, 2760 e 3610 rpm) e duas caldas (água e água com adição de éster metílico) formando um arranjo fatorial 3x3x2 com três repetições. Os mesmos tratamentos foram utilizados para a realização do estudo da distribuição volumétrica. O segundo experimento realizado no laboratório foi com esquema fatorial 3x4+1, sendo três modelos de bicos (TT11001, XR11001 e ECOS), quatro caldas (endossulfan, endossulfan + óleo vegetal, endossulfan + óleo mineral e endossulfan + nonilfenol) com três repetições. Para o terceiro experimento foi utilizado o esquema fatorial 2x2+2, sendo dois modelos de bicos rotativos (Turbotrator e ECOS), duas caldas (endossulfan e endossulfan + óleo vegetal) e duas testemunhas (Com e sem aplicação). Os tratamentos utilizados no segundo e terceiro experimento foram aplicados a campo na UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, nas safras 2008/2009 e 2009/2010. Foi avaliada a cobertura pelas gotas aspergidas com utilização de papéis hidrossensíveis; a deposição por meio da extração do marcador manganês em espectrofotômetro de absorção atômica; o controle do bicudo-do-algodoeiro e a produtividade da cultura do algodão. De acordo com os resultados pode-se concluir que os bicos de energia centrífuga apresentam maior uniformidade do espectro de gotas, conseqüentemente menor risco de deriva quando comparado a bicos de energia hidráulica. Fatores como rotação, vazão e adição de adjuvante à calda interferem na formação das gotas em

bicos de energia centrífuga. No campo, a cobertura e deposição não foram influenciadas pela adição de adjuvante à calda. A utilização de volume de aplicação quatro vezes menor dos bicos rotativos não influenciou a deposição quando comparada aos bicos hidráulicos, principalmente no terço inferior da planta.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, controle químico, bicos rotativos, bicos hidráulicos, inseticida, algodão

CHARACTERISTICS DROPLET SIZE'S STUDIES BY CENTRIFUGAL AND HYDRAULIC ENERGY SPRAY NOZZLES IN COTTON CROP

SUMMARY – The aim of this work was to evaluate the characteristics of the droplet size, distribution volume, coverage and deposition by centrifugal and hydraulic energy nozzles as well as control of the boll weevil and productivity of cotton. In the Laboratory of Particle Size Analysis, using a meter drops by laser light diffraction were carried out all assessments relating to the droplet size for all experiments. In the first evaluation regarding the droplet size was used a randomized design with the following variables: three feeders (0.068, 0.129 and 0.181 L.min⁻¹) three rotations (1780, 2760 and 3610 rpm) and two spray liquids (water and water with addition of methyl ester) to form a 3x3x2 factorial design with three replications. The same treatments were used for the study of the distribution volume. The second experiment was conducted in the laboratory with 3x4 +1, three types of nozzles (TT11001, XR11001 and ECOS), four spray liquids (endosulfan, endosulfan + vegetable oil, endosulfan + mineral oil and endosulfan + nonylphenol) with three replications. For the third experiment we used a factorial 2x2+2, two models of spinning disc atomizers (Turbotrator and ECOS), two spray liquids (endosulfan + endosulfan and vegetable oil) and two controls (With and without spray). The treatments in the second and third experiment were applied to field level at UNESP in Jaboticabal-SP, harvests in 2008/2009 and 2009/2010. Were evaluated the coverage by droplets sprayed with use of hydrossensitive papers;

deposition by extracting the marker manganese in atomic absorption spectrophotometer; the control of the boll weevil and productivity of cotton. According to the results we can conclude that the centrifugal energy nozzles are more uniform droplet spectrum consequently less risk of drift when compared to hydraulic energy nozzles. Factors such as speed, flow and addition of adjuvant to interfere in the formation of spray droplets in centrifugal energy nozzles. The coverage and deposition was not influenced by the addition of adjuvant to the spray solution. The use of spray volume four times less by atomizer doesn't differ of hydraulic nozzles in the deposition data, mainly in the lower third of the plant.

Keywords: Application technology, chemical control, spinning disc atomizer, spray nozzle, insecticide, cotton crop

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. A cultura do algodoeiro

No Brasil, desde o período em que o país era colônia de Portugal (1500 a 1822), a cultura do algodoeiro vem sendo explorada comercialmente. No Século XVIII, ainda no período colonial, o Maranhão se destacou como um grande fornecedor de fibras para as fiações inglesas que dominavam o mercado mundial de tecidos (BASTOS et al., 2005).

Durante toda a história do Brasil o algodão se fez presente como uma cultura de exportação. Porém, com muitas oscilações de crescimento em função de crises internacionais, principalmente relacionadas à problemas na produção norte-americana (ARAÚJO, 2009).

A partir de 1890, com o crescimento e consolidação da indústria têxtil no Brasil, é que a produção nacional consolidou-se, com o algodão assumindo a posição de principal cultura agrícola dos estados nordestinos. Com cerca de 10% a 20% de excedentes de produção direcionados para exportação, torna o Brasil um dos principais produtores e exportadores do mundo (BELTRÃO, 1996).

Apesar da importância econômica e social do setor, em meados dos anos 90, observou-se um declínio drástico na atividade algodoeira, passando o Brasil a ser o maior importador mundial na safra 1996/97 (AGRIANUAL, 2010).

Diante deste cenário a cotonicultura brasileira passou por uma grande mudança, tornando-se uma atividade de elevado nível tecnológico sendo explorado em grandes módulos de produção. Sendo assim, em 2007/08 o Brasil tornou-se o segundo maior exportador mundial de algodão, com cerca de 600 mil toneladas embarcadas, sendo o quinto maior produtor mundial, demonstrando a sua grande capacidade de recuperação para a agricultura e reafirmando a sua vocação para o agronegócio. Restando ainda, porém, a integração e o desenvolvimento da indústria nacional voltada aos produtos derivados do agronegócio brasileiro.

No entanto, apesar dos investimentos em tecnologias na cultura, a previsão de produção para a próxima safra é inferior à esperada, com redução de cerca de 3 milhões de toneladas em relação à safra de 2006/07 (AGRIANUAL, 2010).

Em relação à redução do potencial produtivo da cultura, os problemas fitossanitários, dentre eles as pragas, constituem fator relevante que demandam recursos financeiros significativos para a manutenção da viabilidade da cultura.

2. Pragas na cultura do algodoeiro

Os lucros ou prejuízos em cada ano agrícola dos cotonicultores dependem, entre outros fatores, do grau de eficiência no manejo das pragas e preservação do ambiente, sendo que os custos relacionados ao tratamento fitossanitário correspondem a cerca de 18% do custo total de produção (AGRIANUAL, 2010).

Um dos pontos importantes e necessários para o cotonicultor ter sucesso no manejo de pragas é o reconhecimento dos artrópodes que ocorrem no agroecossistema do algodoeiro. Nesta cultura geralmente vive uma fauna bastante diversificada de insetos e ácaros, alguns dos quais causam pouco ou nenhum dano, outros são benéficos, como por exemplo os predadores, parasitóides e polinizadores, enquanto poucos são pragas. Assim, certo conhecimento da fenologia da planta e sua relação com a biologia e comportamento das pragas é fundamental para um melhor entendimento dos princípios e métodos de seu controle (ARAÚJO, 2009).

A diversidade de espécies de artrópodes que pode acometer a cultura do algodão pode variar de centenas a milhares, sendo em sua maioria espécies predadoras ou parasitóides (HEARN & FITT 1992; LUTRELL et al. 1994). Dentre os insetos fitófagos encontrados na cultura do algodoeiro no Brasil, os que podem causar danos significativos são 13 espécies aproximadamente, destacando-se as repetidas infestações com o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) (DEGRANDE et al., 2002).

2.1 Bicudo do Algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boherman, 1843)

O bicudo do algodoeiro é uma praga que infesta as estruturas florais, onde perfura orifícios para se alimentar e ovipositar, sendo que as larvas eclodidas dentro destas estruturas fazem galerias e promovem a sua queda (SANTOS, 2001). É uma praga de grande importância econômica, devido a sua rápida reprodução e capacidade de infestação na cultura, cujos prejuízos podem atingir 100% da produção, caso as medidas de controle não sejam adequadas (CIA et al., 1999).

O número necessário de indivíduos para causar dano econômico depende de fatores como condições fisiológicas da planta hospedeira, estágio fenológico e condições ambientais. A taxa de fecundidade (número de ovos/fêmea) é maior nas fêmeas de primeira geração do que nas fêmeas mais tardias, principalmente devido a maturidade da planta e a redução no número de botões disponíveis à oviposição das fêmeas acasaladas tardiamente. O número de adultos necessários para causar dano econômico é relativamente baixo: populações de 28, 50, 100 e 200 bicudos recém saídos da diapausa por ha são capazes de danificar 0, 28, 46, 66 e 83% dos botões disponíveis, respectivamente, enquanto adultos de segunda geração são capazes de danificar 84 a 96% dos botões. Alguns estudos relatam que mais de 50% dos botões podem apresentar puncturas quando a população F1 excede 2.000 indivíduos por ha, e que mais de 80% dos botões apresentavam puncturas, quando a população excedia 4.000 indivíduos por ha (BASTOS et al., 2005).

Ambos os sexos produzem pequenos orifícios no botão floral e no fruto, sendo que fezes amareladas normalmente são detectadas em torno da área de alimentação. As fêmeas ovipositam dentro dos orifícios que é selado com as fezes solidificadas e o fluído do seu trato excretor. A maioria dos botões contendo puncturas de oviposição raramente abrem e muitos sofrerão abscisão da planta em cerca de oito dias, enquanto maçãs mais desenvolvidas podem permanecer na planta e apresentar lóculos danificados onde os ovos foram depositados e as larvas se desenvolveram (BASTOS et al., 2005).

No Brasil, poucos são os produtores que realizam o Manejo Integrado de Pragas (MIP), utilizando o Controle Integrado em que fazem o monitoramento da praga e utilizam inseticidas como tática principal no controle de pragas, sem levar em consideração a época de aplicação e o grau de seletividade dos produtos fitossanitários (BUSOLI et al., 2006).

SCARPELLINI et al., (1998), em trabalho realizado com controle químico do bicudo-do-algodoeiro, observaram que boa eficácia na utilização de inseticidas no controle desta praga. Normalmente uma ou mais aplicações de inseticidas controlam uma infestação moderada. Em altas infestações é necessário diminuir o intervalo para 3 a 5 dias (BUSOLI et al., 1994). De acordo com GRAVENA et al. (1988), o uso excessivo de piretróides em áreas de bicudo tem provocado um ataque intenso e antecipado de ácaros, devido ao desequilíbrio ecológico, entre outros efeitos colaterais do uso deste grupo químico, comprovadamente eficiente para o controle do bicudo.

3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de insetos e ácaros, de plantas daninhas e de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, da química, da engenharia, da ecologia, da sociologia e da economia (FERREIRA, 2006).

Na cultura do algodoeiro, o controle de pragas baseia-se principalmente no controle químico, com 12 a 16 aplicações de produtos fitossanitários durante um único ciclo. Embora a pulverização seja o principal método utilizado para tratamento fitossanitário da cultura, esta tem sido realizada de maneira indiscriminada. Neste sentido é necessário o conhecimento de princípios básicos sobre pulverização, minimizando problemas com o controle de pragas e conseqüentemente desperdícios significativos dos produtos utilizados (CUNHA & TEIXEIRA, 2003).

Para se obter uma boa pulverização e distribuição do produto na planta, é preciso determinar corretamente os fatores que influenciam a qualidade da cobertura de

pulverização. Uma aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo, com gotas de tamanho e número apropriados, condições que afetam seu movimento e sua deposição. O número de gotas está diretamente relacionado à penetração do produto, à uniformidade de distribuição e à efetividade de deposição (MATUO, 1990).

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca atenção à tecnologia de aplicação. No entanto, além de conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, de modo a garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (CUNHA et al., 2005).

Portanto, a eficiência da aplicação de produtos fitossanitários é dependente de uma adequada deposição no alvo com uma mínima quantidade do mesmo, reduzindo o efeito da deriva à níveis aceitáveis. Deriva, deposição e cobertura, são fatores dependentes da amplitude do tamanho de gotas produzidas pelo pulverizador. Gotas pequenas proporcionam excelente cobertura no alvo, porém não apresentam adequada deposição em muitas das superfícies da planta, devido ao fato de serem susceptíveis à deriva. Consequentemente, no caso de gotas maiores a deposição é melhor (menos susceptível à deriva) mas podem resultar em uma cobertura inadequada (BODE & BUTLER, 1983).

BALS (1978) ressalta ainda que a uniformidade no espectro de tamanho de gotas em dimensões apropriadas é o que proporciona melhores resultados no alvo, ou seja, sem uniformidade de espectro de gotas, obter um controle de pragas se torna mais complicado.

O espectro de gotas produzido por um equipamento depende do tipo de ponta de pulverização, tamanho do orifício e pressão de trabalho (PAULSRUD & MONTGOMERY, 2005) além de características físicas e químicas da calda.

No processo de formação de gotas por energia hidráulica gotas grandes e pequenas são produzidas ao mesmo tempo. No caso de serem produzidas gotas muito grossas, não ocorre boa cobertura e distribuição da deposição, no entanto as gotas são menos susceptíveis à deriva, ocorrendo o contrário com gotas finas e muito finas.

FERREIRA (2003) relata que as gotas produzidas devem ter boa uniformidade de diâmetro, minimizando a percentagem de gotas menores que 100 μm , as quais são mais sujeitas à deriva, ou aquelas excessivamente grandes, que, após o impacto na superfície tratada, ricocheteiam e se fragmentam em gotas menores ou escorrem para o solo, devido ao seu volume maior.

Para que a uniformidade do espectro de gotas foi desenvolvida a tecnologia CDA (Controlled Drop Application), a qual visa a produção de gotas com tamanho controlado, viabilizando a aplicação com volume de calda de 5 a 45 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (COX, 1980), sendo os bicos rotativos os mais indicados para esta prática, com alguns modelos disponíveis no mercado. Esse tipo de pulverização possui vantagens importantes, uma vez que, eliminam-se as gotas muito pequenas (causadoras de derivas) e, as muito grandes (que se perdem por escorrimento) (DI OLIVEIRA et al., 2010).

3.1. Bicos de pulverização

Os bicos de pulverização são considerados os componentes mais importantes dos equipamentos aplicadores, por determinarem as características da pulverização emitida (CUNHA & TEIXEIRA, 2003; FERNANDES et al., 2007).

Bicos de jato plano podem produzir gotas desde muito finas até muito grossas, isto em função do modelo utilizado.

Os bicos rotativos estes são utilizados em aplicações de baixo e ultra baixo volume sendo capazes de propiciar maior uniformidade de gotas (MATTHEWS, 1992), sendo geralmente associados à este tipo de aplicação (HEWITT, 1992).

COOPER et al. (1998), avaliaram um protótipo de pulverizador eletrostático de disco rotativo na cultura do algodão e observaram que devido à combinação da rotação do disco com o sistema de eletrificação de gotas, houve maior eficiência na distribuição e cobertura na parte inferior das folhas. A deposição com este sistema foi, em média, 2,6 vezes maior em relação à pulverização convencional com o algodão a 0,23 m de altura e 2,2 vezes maior com a planta a 0,58 m de altura.

Os bicos rotativos podem ser utilizados de forma a alcançarem alta rotação produzindo gotas pequenas ou de forma que garanta a formação de gotas maiores objetivando a aplicação sem deriva. O padrão de deposição dos bicos rotativos é bastante típico, sendo o seu conhecimento, imprescindível para efetuar a correta sobreposição das faixas, isto é, estabelecer a correta distância entre bicos ou espaçamento entre as diversas passadas de um bico (MATUO, 1990).

MATUO (1990) relata que no processo de pulverização com o bico rotativo ao molhar o disco que está girando ocorre a formação das gotas na periferia do mesmo. Se o regime de molhamento do disco não for excessivo as gotas que se formam apresentam um espectro bastante homogêneo.

3.2 Cobertura da planta e penetração de gotas

A cobertura de gotas trata-se da quantidade de superfície visada (alvo) que é atingida pela pulverização e expressa em porcentagem (VELLOSO et al., 1984; ROMAN et al., 2009). Outra forma que expressa a cobertura do alvo é por meio da medida gotas.cm⁻² (CHRISTOFOLETTI, 1999). Esse parâmetro é possível de ser determinado pela contagem visual como através de softwares, e pode permitir o estabelecimento da quantidade de gotas suficiente para expressar o efeito do produto. Contudo, essa medida varia muito conforme as características dos produtos e a adição de adjuvantes, encontrando muitas divergências entre pesquisadores (DEBORTOLI, 2008).

OZEKI & KUNZ (1998) ressaltam que a eficácia biológica da aplicação depende da qualidade da cobertura e penetração, assim como redução das perdas por deriva e evaporação, são proporcionados pelo diâmetro de gotas. O aumento no diâmetro de gotas reduz o arraste pela deriva e apresenta redução nos problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo, porém promove uma menor cobertura da superfície a ser tratada. MATUO et al. (2005), todavia adverte que é possível conseguir um bom grau de cobertura e redução das perdas por meio do aumento do volume aplicado mesmo com gotas grandes, embora com menor desempenho operacional do equipamento. Já gotas menores têm pouco peso e inércia, e permanecem por mais

tempo em suspensão no ar, sendo mais suscetíveis ao arraste pelo vento e à evaporação durante a aplicação, mas em condições ambientais adequadas a penetração e cobertura do alvo e penetração das gotas é frequentemente maior (SANTOS, 1998).

No caso de gotas muito finas, geralmente, se consegue boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa do ar, ou serem levadas pela corrente de ar (SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000). Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento sofrem mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000).

A escolha e o uso adequado de pontas de pulverização são essenciais para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de produtos fitossanitários (WOMAC et al., 1999).

3.3 Volume de aplicação

Na aplicação via líquida é usual classificar o processo em função do volume de calda aplicado por hectare (MATUO, 1990).

Segundo PALLADINI (2000), o volume de aplicação é a quantidade de calda necessária para proporcionar a máxima cobertura em função do equipamento ou técnica de pulverização utilizada até o limite em que se inicia o escorrimento, momento no qual o volume é considerado alto, sendo esse elemento perceptível aos olhos do responsável pelo trabalho de pulverização, e o mínimo de volume utilizado que proporcione o efeito biológico, ou seja, eficiência de controle.

Atualmente, existe uma tendência à redução do volume de calda aplicado, que resulta em menor transporte de água ao campo e menor número de paradas para reabastecimento do pulverizador, obtendo-se com isso, redução do custo da aplicação e aumento da capacidade operacional do equipamento de aplicação (MATTHEWS, 1979; MAROCHI, 1993; LIMA & MACHADO NETO, 2001; FERREIRA et al., 1999).

Reduções no volume de aplicação podem ser alcançados com o aumento da velocidade de deslocamento do pulverizador, da redução da pressão de trabalho, aumento do espaçamento entre pontas e principalmente com a utilização de pontas de baixa vazão (SOUZA, 2006).

MATTHEWS (1973) relata que a dispersão do produto em aplicações de baixo volume necessita de boa uniformidade de gotas, as quais são obtidas somente com bicos rotativos ou eletroestáticos. Aliado ao tamanho de gotas controlado deve-se utilizar formulações que minimizem a evaporação do líquido principalmente quando há a formação de gotas menores ou iguais a 20 μm , reduzindo os efeitos da deriva, além da escolha de rotação adequada. O mesmo autor descreve ainda que em experimento realizado na cultura do algodoeiro, com gotas variando de 50 a 120 μm obtidas com bico rotativo, quando foi utilizada baixa voltagem (11 a 6 V) a velocidade de rotação foi reduzida e conseqüentemente houve formação de gotas maiores e com menor risco de deriva.

3.4. Adjuvantes

Em condições de baixa disponibilidade de água às plantas, e à medida que avançam em idade, a espessura da cutícula aumenta, aumentando a restrição à penetração de agrotóxicos diluídos em água. Ambientes sob alta temperatura e baixa umidade relativa do ar induzem as plantas a reduzir as perdas de água através das superfícies foliares, o que também dificulta a penetração de produtos aplicados. Da mesma forma, condições de temperatura adequadas e umidade relativa do ar elevada implicam na hidratação da cutícula e facilitam a penetração e a atuação de agrotóxicos (THEISEN & RUEDEIL, 2004).

Para vencer estas barreiras das plantas à penetração dos produtos fitossanitários, são utilizadas substâncias inertes, denominadas aditivos ou adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização. Estes produtos podem ser acrescentados à formulação dos agrotóxicos

pelas empresas fabricantes, ou ser adicionados à calda no momento da pulverização (THEISEN & RUEDEIL, 2004).

Os adjuvantes são substâncias ou compostos sem propriedade fitossanitária, que são adicionados (exceto a água) na preparação da calda de pulverização, para aumentar a eficiência ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas. Ou seja, um ingrediente que melhora as propriedades físicas de uma mistura. Estes adjuvantes podem desempenhar funções distintas (KISSMANN, 1997). Sendo assim, o uso de adjuvantes em adição à calda visa melhorar a distribuição dos produtos fitossanitários nas plantas e, no caso de inseticidas sistêmicos, a sua penetração nos tecidos do vegetal (MIRANDA & RESENDE, 2009).

De acordo com VARGAS & ROMAN (2006) os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfatantes, espalhante, umectante, detergentes, dispersantes e aderentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e uréia, entre outros) que afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula.

Dentre os efeitos dos adjuvantes, destaca-se a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu espalhamento, o que aumenta área de contato sobre a superfície do alvo biológico e melhora a cobertura deste. A tensão superficial refere-se às forças que existem na interface de líquidos não miscíveis, impedindo que eles se misturem (AZEVEDO, 2001). Quando uma gota de água está sobre uma superfície, o ângulo de contato depende das características dessa superfície. Se for hidrorrepelente, o contato será menor e a gota ficará mais esférica. Se a superfície for mais hidrófila, a gota se espalha, podendo até formar um filme uniforme (KISSMANN, 1997; CRUZ FILHO & CHAVES, 1979).

Entretanto, vários estudos têm mostrado que estes produtos, quando adicionados em calda inseticida aplicado a alto volume, ao diminuir a tensão superficial do líquido, promovem o seu escoamento, ao invés de favorecer a retenção do líquido pela planta. Isto ocorre devido a que em cada superfície foliar há uma capacidade máxima de retenção. Quando aplicado o mesmo volume com adição de adjuvante há

tendência ao escoamento, por isso deve-se estudar a capacidade de retenção das folhas quando se aplicam altos volumes. FERREIRA et al., (2010), avaliaram o efeito da adição de óleo mineral e vegetal nas caldas acaricidas sobre a retenção foliar em folhas de café e constataram que com adição do óleo tanto vegetal como mineral ocorre menor retenção foliar, desta forma é necessário que haja diminuição do volume de aplicação para não ocorrer perdas por escoamento.

Aplicações a baixo volume, por outro lado, tendem a ser favorecidas pela adição de adjuvantes (CUNHA & TEIXEIRA, 2003). Os adjuvantes podem ser divididos de acordo com a sua ionização ou dissociação na água. Os aniônicos, como o lauril-sulfato de sódio, tem grande uso em formulações de agrotóxicos. São excelentes agentes molhantes, possuindo como desvantagem a sua capacidade de reagir com sais presentes na água e com as moléculas do defensivo agrícola, alterando o equilíbrio eletrolítico nas caldas.

Os catiônicos muitas vezes são fitotóxicos, possuem alto custo e precipitam na presença de sais. Os não-iônicos são aqueles que não possuem carga elétrica e não se ionizam ou dissociam na água, e por isso não tendem a alterar o equilíbrio eletrolítico nas formulações e nas caldas. Formam o grupo mais importante de adjuvantes para agrotóxicos (AZEVEDO, 2001).

DI OLIVEIRA (2008) avaliou o efeito da adição de adjuvante Silwett L77 Ag na pulverização de inseticida por bicos rotativos e hidráulicos para controle da lagarta-falsa-medideira, concluindo que não houve maior controle da lagarta com adição do adjuvante.

Na agricultura, também são utilizados como adjuvantes dois tipos de óleos: o mineral e o vegetal (HESS, 1997). Os óleos minerais são originados de uma fração da destilação do petróleo. Os óleos vegetais são extraídos por pressão ou com a utilização de solventes e são normalmente hidrocarbonetos com 16 ou 18 átomos carbonos. Estes óleos precisam ser purificados para remover resinas, mucilagens e fosforolipídeos (MENDONÇA & RAETANO, 2007).

Os óleos minerais e os óleos vegetais possuem amplo espectro de uso. São utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, quanto como adjuvantes

adicionados às caldas de pulverizações. Adicionados aos inseticidas, favorecem principalmente o controle de cochonilhas e ácaros. De forma similar, auxiliam no controle do fungo causador da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), na cultura da banana, quando associados aos fungicidas, bem como no controle de plantas daninhas, em misturas aos herbicidas aplicados em pós-emergência. Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e a tensão superficial (MENDONÇA & RAETANO, 2007).

Dentre as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de agrotóxicos, pode-se destacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes. Alguns outros benefícios podem ser citados quando se utilizam os óleos como aditivos, tais como a redução da hidrólise do defensivo na água do tanque e redução da fotodecomposição (DURIGAN, 1993).

WOLF (2000) e SUMNER (1997), relataram que a adição de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar o diâmetro das gotas pulverizadas, reduzindo o risco potencial de deriva. No entanto, WOLF & GARDISSER (2003), avaliando a influência da adição de adjuvantes à calda de pulverização em aplicações aéreas, concluíram que alguns produtos apresentaram ação antideriva, enquanto outros aumentaram o risco potencial de deriva. ROMAN et al. (2009), avaliando o efeito de óleo vegetal e mineral no tamanho de gotas produzidas por pontas modelo Turbo Teejet, observaram que a adição do adjuvante a base de óleo diminui o tamanho das gotas e favorece a uniformidade do espectro.

ANTUNIASSI (2006) relata, ainda, que o processo de formação das gotas por uma ponta de pulverização pode ser significativamente alterado pelo uso de certas formulações e pela adição de adjuvantes, o que muitas vezes passa despercebido. Da mesma forma, chama atenção para o fato de que a adição de componentes químicos às caldas de pulverização pode causar interações entre os produtos aplicados e afetar negativamente o resultado de uma aplicação

REFERENCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. p. 155-156.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 15, p.17-22, 2006

ARAÚJO, C.R. **Aspectos biológicos de *Spodoptera cosnioides* Walker, 1858 (Lepdoptera: Noctuidae) nas cultivares de algodoeiro DeltaOPAL e NuOPAL (BOLLGARD I)**. 2009. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas: Emopi Gráfica, 2001. 230 p.

BALS, E.J. Controlled droplet application today. **World crops**, London, v. 30, n. 4, p. 165-167, 1978.

BASTOS, PEREIRA, M.J.B.; TAKIZAWA, E.K.; OHL, G.; AQUINO, V.R. **Bicudo do algodoeiro: Identificação, biologia, amostragem e táticas de controle**. Campina Grande: EMBRAPA, 2005.

BELTRÃO, N.E. de M. Cultivos de plantas oleaginosas y de fibras. Algodón. In: LABRADA, R.; CASELEY, J.C.; PARKER, C. **Manejo de malezas para países en desarrollo**. Roma: FAO, 1996. p.359-362. (FAO. Estudio FAO Produccion y Proteccion Vegetal, 120).

BODE, L.E.; BUTLER, B.J. Spray Characteristics of Rotary Atomizers. In: SEYMOUR, K.G. **Pesticide Formulations and Application Systems**: Second Conference, ASTM STP 795. [S.l.]: American Society for testing and materials, 1983.

BUSOLI, A.C.; SOARES, J.J.; LARA, F.M. **O bicudo-do-algodoeiro e o seu manejo**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 32p. 1994. (Boletim Técnico)

BUSOLI, A.C.; MICHELOTTO, M.D.; ROCHA, K.C.G. Controle biológico de pragas no MIP – algodoeiro no Cerrado Brasileiro. In: DE BORTOLI, S.A.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; OLIVEIRA, J.E.M. (Ed.) **Agentes de controle biológico**: metodologia de criação, multiplicação e uso. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 330-353.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Pulverização ou Aplicação?** São Paulo. 1999. 71 p.

CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999.164 p.

COOPER, J.F.; JONES, K.A.; MOAWAD, G. Low volume spraying on cotton: a comparison between spray distribution using charged and uncharged droplets applied by two spinning disc sprayers. **Crop Protection**, London, v.17, n.9, p. 711-715, 1998.

COSTA, A. Z. M.; PEREIRA, J. L.; CÉSAR, J. O.; LIMA, L. C.; **Tecnologia de aplicação de agroquímicos**. EBDA. Ceplac. 2005.

COX, T.I. Controlled drop application herbicides – a review. **Journal of Experimental Agriculture**, Oxford, v. 8, p.63-66, 1980.

CUNHA, J. P. R.; TEIXEIRA, M. M. Escolha de bico para pulverização. **Cultivar Máquinas**, v. 3, n. 18, p. 8-11, 2003.

CUNHA, J.P.A.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. **Antibióticos, fungicidas e nematicidas empregados no controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 1979.

DEBORTOLI, M.P. **Efeito do “rainfastness” e adjuvantes na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DEGRANDE, P. E.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: J. PARRA, R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole. 2002. p. 75-81.

DI OLIVEIRA, J.R.G. **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante**. 2008. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP – Universidade Estadual Paulista Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2008

DI OLIVEIRA, J.R.G.; FERREIRA, M.C.; ROMÁN, R.A.A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.1, p. 92-99, 2010.

DURIGAN, J. C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42p.

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**, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, M.C.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C Validação de modelo matemático para simulação da capacidade operacional de turbo atomizadores em citros. **Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 1, 1999.

FERREIRA, M. C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 2003. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FERREIRA, M.C. **Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários em cana-de-açúcar**. In: Atualização em produção de cana-de-açúcar, 2006, v.1, p. 293-303.

FERREIRA, M.C.; ROMAN, R.A.A.; CARVALHO, G.F.G.; BAGGIO, M.V. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. **Revista Nucleus**, v.7, n.1, 2010.

GRAVENA, S.; CRUZ, W.R.; BASSAN, W.A.; SEI, E.H.; GARCIA, S.P. Manejo integrado de pragas em algodoeiro na região de presidente prudente, SP, município de Caruá - SP. **Anais Sociedade Entomológica Brasileira**. v.17, n.1. p. 5-17, 1988.

HEARN; A.B.; FITT, G.P. Cotton cropping systems. In: PEARSON, C.J. (Ed.) **Field crop ecosystems**. London: Elsevier, 1992. p. 85-142.

HESS, F. D. **Adjuvants**. In: HERBICIDE ACTION COURSE, 1997, West Lafayette. **Proceedings**... West Lafayette: Purdue University, 1997. p. 38-61.

HEWITT, A.J. Droplet size spectrum produced by the X15 stacked spinning-disc atomizer of the Ulvamast Mark II sprayer. **Crop Protection**, London, v. 11, p. 221-224, 1992.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

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

LIMA, P.R.F.; MACHADO NETO, J.G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n.1, 2001, p. 85-95.

LUTRELL, R.G.; FITT, G.P.; RAMALHO, F.S.; SUGONYAEV, E.S. Cotton pest management: Part 1. A worldwide perspective. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 39, p. 517-526, 1994.

MAROCHI, A.I. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SEMEADURA DIRETA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro-PR. **Anais...**Castro-PR: Fundação ABC, 1993, p. 208-227.

MATTHEWS, G.A. Ultra-low-volume spray application on cotton in Malawi. **Pans**, [S.l.], v.19, n.1, 1973, p. 48-53.

MATTEWS, G.A. Controlled application (CDA) of pesticides in pest management. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APLICATION. **Proceedings...**p. 213-217, 1979.

MATTEWS, G.A. **Pesticide application methods.2**. Londres: Longman, 1992. 120p.

MATUO, T. **Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

MATUO, T. et al. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. Brasília: ABEAS, 2005. 86 p.

MENDONÇA, C.G.; RAETANO, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, 2007.

MIRANDA, J.E.; REZENDE, A.M. Adjuvantes em formulações para controle do bicudo por aplicação aérea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...**, p. 622-626.

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

OZEKI, Y.; KUNZ, R.P. Tecnologia de Aplicação aérea – aspectos práticos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 65-78.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PAULSRUD, B.E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in Field crops. **Report on Plant Disease**, [S.l.], n. 1002, 2005.

ROMAN, R.A.R.; FERREIRA, M.C; CARVALHO, G.F.G; LEMOS, R.E; MENDONÇA, L.G. Caracterização do tamanho de gotas de pontas de pulverização Turbo Teejet em função de vazão, pressão de trabalho e adjuvante. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2009, Juazeiro, **Anais...** Juazeiro, 2009.

SANTOS, J.M.F. Dinâmica de Deposição de gotas. In: **Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos**. [S.l.]: AgrEvo, 1998. P. 10-12.

SANTOS, W.J. **Algodão**: Tecnologia de produção. Dourados: EMBRAPA, 2001. p. 181-203.

SCARPELLINI, J.R.; SILVA, M.; SANTOS, J.C.C. Avaliação de inseticidas piretróides no controle do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e seus efeitos na produção do algodoeiro. **Revista de Agricultura**, v.73, n.1, p.79-88, 1998.

SOUZA, G.V.R. de. **Ponta de pulverização e pressão de trabalho na aplicação de tebuconazole para o controle da ferrugem da soja**. 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90 p.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2006. 10 p.

VELLOSO, J.A.R.O.; GASSEN, D.N. JACOBSEN, L.A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. 52p.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4p. (Application Technology Series).

WOLF, R. E.; GARDISSER, D. R. Field comparisons for drift reducing/ deposition aid tank mixes. In: ASAE/NAAA Technical Meeting, 37, 2003, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2003.

WOMAC, A.R.; MAYNAR, R.A.; KIRK, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transaction of the ASAE**, v. 42, n. 3, p. 609-616, 1999.

CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS RELACIONADOS AO ESPECTRO DA POPULAÇÃO DE GOTAS E DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE BICOS DE ENERGIA CENTRÍFUGA

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi determinar parâmetros relacionados ao tamanho de gotas e distribuição volumétrica de bicos de energia centrífuga. Três experimentos foram realizados no Departamento de Fitossanidade da UNESP Câmpus de Jaboticabal. O primeiro e o segundo experimento foram realizados no Laboratório de Análises do Tamanho de Partículas (LAPAR). Para o primeiro experimento foi utilizado um pulverizador costal motorizado cujas variáveis foram cinco dosadores e duas caldas (água e água + éster metílico), as variáveis foram analisadas em delineamento inteiramente casualizado totalizando dez tratamentos com três repetições. No segundo experimento foi utilizado um pulverizador semi-estacionário com bico rotativo de uso em equipamentos mecanizado. As variáveis estudadas foram: três dosadores (0,068; 0,129 e 0,181 L.min⁻¹) três rotações (1780, 2760 e 3610 rpm) e duas caldas (água e água com adição de éster metílico) formando um arranjo fatorial 3x3x2 com três repetições. O terceiro experimento foi realizado no Laboratório de Ensino e Pesquisa de Técnicas de Aplicação. Os equipamentos utilizados foram os mesmos do segundo experimento apenas variando a posição do bico, neste caso a 20 cm do piso, com 30 graus de inclinação. Para avaliação dos padrões de distribuição volumétrica foi utilizada a metodologia do papel hidrossensível que avalia a distribuição do volume pulverizado por meio da cobertura de gotas. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que a vazão, rotação do bico e calda influenciam o diâmetro mediano volumétrico e a porcentagem de gotas menores que 200 µm, os padrões de distribuição volumétrica são influenciados pela rotação e adição de éster metílico à calda permitindo a determinação de uma faixa de aplicação para caldas e rotações distintas, sendo que o espaçamento de 40 cm entre bicos na barra foi o que melhor atendeu ao critério do coeficiente de variação 10% para a calda com o éster metílico.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação; tamanho de partículas; pulverização, bico rotativo, análise de gotas

SUMMARY - The aim of this study was to determine parameters related to the droplet size distribution and volume of rotary atomizer. Three experiments were performed at the Plant Protection Department of Unesp in Jaboticabal. The first and second experiment were performed in the Analytical Laboratory of Particle Size (LAPAR). For the first experiment were used a motorized backpack sprayer wich variables were five feeders and two spray liquid (water and water + methyl ester), the variables were analyzed in a total of ten randomized design with three replications. The second experiment used a semi-stationary sprayer for use in rotary atomizer mechanized equipment. The variables studied were: three feeders (0.068, 0.129 and 0.181 L.min⁻¹) three rotations (1780, 2760 and 3610 rpm) and two spray liquid (water and water with addition of methyl ester) to form a 3x3x2 factorial design with three replications. The third experiment was conducted at the Laboratory for Teaching and Research in Application Techniques. The equipment used was the same as the second trial only by varying the position of the nozzle, in this case 20 cm from the floor, with 30 degrees of tilt. To assess the distribution patterns were used the volumetric method of water sensitive paper that evaluates the distribution of the volume sprayed through the coverage drops. According to the results we can conclude that the flow rate, atomizer rotation and the spray liquid influence the volume median diameter and the percentage of droplets smaller than 200 μm , the volume distribution patterns are influenced by rotation and addition of methyl ester to the spray liquid allowing the determination of application range for different rotations and spray liquids, being the spacing of 40 cm between nozzles was that better met the criterion of 10% coefficient of variation for the methyl ester spray liquid.

Keywords: Application technology, particle size, spray, rotary atomizer, droplets analyses

1. INTRODUÇÃO

Na aplicação de produtos fitossanitários a via líquida é a mais utilizada. Para fragmentar a calda em gotas são utilizadas, de maneira geral, as pontas de energia hidráulica, estas caracterizadas por produzirem um espectro de gotas bastante heterogêneo, o que pode gerar perdas por evaporação e deriva das gotas menores e perdas por escorrimento das gotas maiores (FERREIRA, 2006). Segundo CUNHA et al. (2004), gotas com diâmetro inferior a 100 µm são as principais responsáveis pelo aumento no risco da deriva. Já LEFEBVRE (1989), afirma que, gotas de diâmetros próximos a 150 µm são arrastadas com facilidade pelo vento e altamente suscetíveis à evaporação. ETHERIDGE et al. (1999) são ainda mais rigorosos e afirmam que gotas abaixo de 200 µm são as mais suscetíveis à deriva.

A variação de tamanho dentro do espectro de gotas de uma ponta de pulverização pode ser observado através do coeficiente de uniformidade que refere à uniformidade (Coef.) do espectro de gotas e é obtida através da equação: $\text{Coef.} = \frac{Dv_{0,1} - Dv_{0,9}}{Dv_{0,5}}$ (em que, $Dv_{0,1}$ - diâmetro da gota, tal que 10% do volume aspergido é composto por gotas de diâmetro inferior a ele; $Dv_{0,5}$ - diâmetro da gota, tal que 50% do volume aspergido é composto gotas de diâmetro inferior a ele, e $Dv_{0,9}$ - diâmetro da gota, tal que 90% do volume aspergido é composto gotas de diâmetro inferior a ele).

Na maioria dos modelos de pontas de pulverização de energia hidráulica os valores de coeficiente de uniformidade não são menores que uma unidade, sendo que quando mais próximo de zero maior será a uniformidade do espectro de gotas. Este fato foi observado por CÂMARA et al. (2008), trabalhando com pontas de energia hidráulica XR11003 em função de líquido e pressão observaram valores de 1,3 a 1,4 nos diferentes tratamentos. ROMÁN et al. (2009), na avaliação de pontas modelo TFVS-02 também observaram valores similares, variando de 1,3 a 1,7.

Dentro das tecnologias no que diz respeito a bicos de pulverização agrícola, os bicos de energia centrífuga, conhecidos como bicos rotativos são caracterizados principalmente pela produção de gotas de tamanho mais uniforme em relação aos modelos de energia hidráulica e por trabalharem com volumes baixos de aplicação, geralmente abaixo de 50 L.ha⁻¹. De acordo com LAGUNA (2000), estes equipamentos

produzem população de gotas com coeficientes de dispersão (relação entre DMV e DMN avaliados com amostras de gotas depositadas sobre uma superfície) de 1,2 a 1,6, sendo que o equipamento capaz de produzir coeficiente de dispersão abaixo de 1,4 pode ser enquadrado dentro da tecnologia de aplicação de gotas de tamanho controlado (“controlled droplets application” – CDA, JOHNSTONE, 1978).

O princípio de funcionamento de bicos de energia centrífuga baseia-se na disposição da calda sob baixa pressão, sobre um dispositivo girando com baixas ou altas rotações (RUAS, 2007). Quando há baixa rotação o tamanho da gota é maior, ocorrendo o contrário com o acréscimo da rotação. O transporte do jato até o alvo é proporcionado pela força centrífuga, perfazendo trajetórias tangenciais aos dispositivos rotativos (LAGUNA, 2000). CARVALHO & FURLAN JUNIOR (1997) utilizaram um dispositivo rotativo para analisar o espalhamento de gotas de pulverização sobre diferentes alvos. Segundo esses autores, os dispositivos rotativos são os meios mais eficazes para produção de gotas uniformes, o que é fator primordial para a distribuição dos agrotóxicos sobre os alvos, permitindo boa cobertura com baixo volume de calda aplicado.

Em relação aos padrões de distribuição volumétricos de bicos rotativos, poucos são os estudos encontrados na literatura, entretanto, em estudos realizados por BODE & BUTLER (1983), em que, ao analisar os padrões de distribuição volumétrica e tamanho de gotas em função de diferentes rotações, vazões, ângulos e altura do disco, afirmam que é apropriado ter muito cuidado na hora de configurar o equipamento na barra de pulverização, já que cada fator citado sem a configuração adequada, pode resultar em sobreposições não desejadas, com coeficientes de variação de até 38%.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o espectro de diâmetro e o padrão de distribuição das gotas aspergidas por bicos de pulverização de energia centrífuga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram realizados no Departamento de Fitossanidade da UNESP Câmpus de Jaboticabal.

2.1 Tamanho de gotas de um pulverizador costal motorizado com bico rotativo.

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas (LAPAR). Foram analisados os parâmetros $Dv_{0,5}$, o coeficiente de uniformidade e a porcentagem de gotas com diâmetros menores que 200 μm .

O espectro do diâmetro de gotas produzidas pelos diferentes bicos e caldas de pulverização avaliadas foi determinado de forma direta no analisador de tamanho de partículas em tempo real (Mastersizer S®, versão 2.19), ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm). O diâmetro das gotas do espectro pulverizado é determinado através do desvio de trajetória sofrido pelos raios de um feixe de laser ao atingi-las. O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999). O bico rotativo foi posicionado perpendicularmente a uma distância de 100 mm do feixe do laser.

Os tratamentos avaliados estão relacionados na Tabela 1. Estes foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 com três repetições, sendo cinco dosadores e duas caldas, sendo estas constituídas por (1) água e (2) água com adição de éster metílico e álcool (MSO), pertencente ao grupo químico dos ésteres metílicos de origem vegetal, na dosagem de 0,5% do volume.

Tabela 1. Relação dos dosadores com diferentes vazões utilizados para análise do espectro de gotas. Jaboticabal, 2009.

Dosador (D)	(L.min ⁻¹)	Dispensor
1	0,068	Pequeno (18 mm)
2	0,129	
3	0,181	
4	0,275	Grande (50 mm)
5	0,408	

Os dosadores do pulverizador costal motorizado relacionados na Tabela 1 são fabricados pela empresa Apoiotec e operaram com acionamento por baterias novas de 2,4 V . O tanque onde foi armazenada a calda tem capacidade para 10 L (Figura 1).



Figura 1. Pulverizador costal motorizado Apoiotec, utilizado para a análise do tamanho de gotas.

Com os dosadores 1 e 2 foi utilizado dispensor com diâmetro de 18 mm, de acordo com a recomendação do fabricante. Este dispensor é caracterizado por formar gotas muito grossas e apresenta bordas denteadas, na qual a alimentação com a calda é feita por gravidade (Figura 2). Os dosadores 3, 4 e 5 tiveram a formação de gotas por um dispensor com diâmetro de 50 mm e com bordas denteadas de menor tamanho na qual a alimentação também é feita por gravidade (Figura 2). Para ambos os dispensores

a rotação do equipamento foi de 2350 rpm, verificada com a utilização de tacômetro a laser.

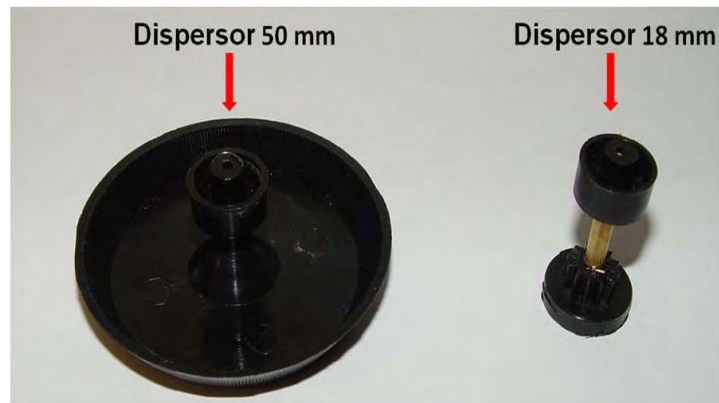


Figura 2. Dispersores utilizados nas avaliações para a análise do tamanho de gotas.

Durante as avaliações a temperatura foi de 25°C e a umidade relativa de 59%. Vento e luminosidade foram ausentes já que as análises foram realizadas em laboratório e com as luzes apagadas para evitar interferências no feixe de laser.

2.2 Tamanho de gotas do bico rotativo para equipamento mecanizado.

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas (LAPAR). Foram analisados os parâmetros $Dv_{0,5}$, o coeficiente de uniformidade e a porcentagem de gotas menores que 200 μm .

Foi utilizado um pulverizador semi-estacionário composto por tanque de 20 L com bomba de diafragma com vazão de 12,5 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$. O bico rotativo utilizado para equipamentos mecanizados foi instalado em um mancal para facilitar o manuseio em laboratório (Figura 3). Foi utilizado um dispersor com diâmetro de 50 mm acionado por meio de um controlador de pulverização no qual rotação é comandada por um potenciômetro e relacionada à potência (Watts), posteriormente transformada para rotações por minuto (rpm) através de tabela de correlação fornecida pelo fabricante. A pressão de trabalho utilizada foi de 20,68 kPa.

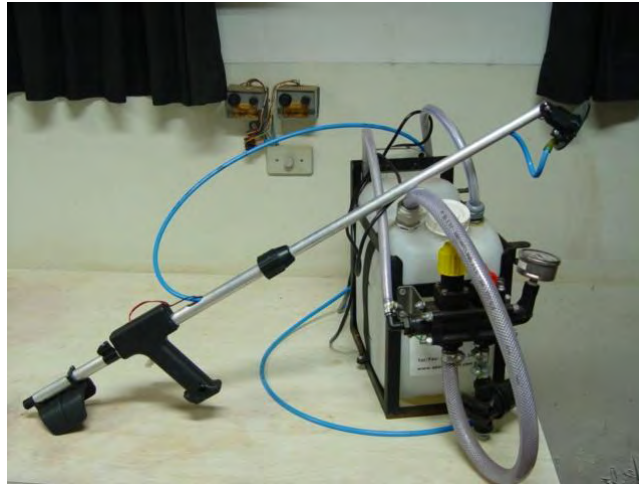


Figura 3. Pulverizador semi-estacionário com mancal para bico rotativo, utilizado para a análise do tamanho de gotas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial $3 \times 3 \times 2$ com 3 repetições, sendo três vazões ($0,068$; $0,129$ e $0,181 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$), três rotações (1780 , 2760 e 3610 rpm) e duas caldas (água e água com adição de éster metílico na dosagem de $0,5\%$ de acordo com a recomendação do fabricante). As médias referentes ao tamanho das gotas foram analisadas com o programa ESTAT, no qual foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 Distribuição volumétrica do bico rotativo.

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensino e Pesquisa de Técnicas de Aplicação da UNESP Câmpus de Jaboticabal. Para a avaliação da distribuição volumétrica foi utilizada metodologia que consiste na utilização de papéis hidrossensíveis previamente dispostos no solo onde a partir da porcentagem de cobertura pelas gotas pulverizadas é determinado o padrão de distribuição volumétrica.

Os equipamentos e tratamentos utilizados foram exatamente os mesmos utilizados na análise de gotas (três vazões, três rotações e duas caldas), apenas variando o posicionamento do pulverizador, o qual devia estar em movimento para

realização da análise. Para isto, o pulverizador semi-estacionário foi posicionado num carrinho e o mancal com o bico foi posicionado manualmente numa altura de 20 cm do piso do laboratório com ângulo de 30 graus adiante em relação ao plano do solo, devido a que esta angulação proporciona um perfil de distribuição que proporcionaria maior facilidade para sobreposição entre bicos (Figura 4).



Figura 4. Detalhe da aplicação com bico rotativo para avaliação da distribuição volumétrica da calda.

Com utilização de fita adesiva foram fixadas ao solo nove lâminas de papel hidrossensível, espaçadas em 20 cm uma da outra, posicionadas transversalmente ao sentido de deslocamento do pulverizador. Cada fileira com os papéis hidrossensíveis representou uma repetição (quatro repetições). Após a pulverização, os papéis foram retirados e armazenados em sacos de papel para protegê-los da exposição da umidade. Posteriormente foram digitalizados em escâner de mesa em resolução de 300 pontos por polegada (dpi). Após a digitalização foi analisada a área coberta, dada em porcentagem, em programa Quant 2002®. Com os dados da cobertura foi calculado o coeficiente de variação (C.V.) em planilha eletrônica (Microsoft EXCEL™), simulando-se vários espaçamentos com finalidade de obter o C.V. próximo a 10%, construindo-se, em

seguida, um gráfico com a equação de regressão polinomial de ordem quatro, a partir da qual foi determinado o espaçamento preconizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tamanho de gotas de um pulverizador costal motorizado com bico rotativo.

Os resultados para os parâmetros de avaliação $Dv_{0,5}$, coeficiente de uniformidade e porcentagem de gotas menores que 200 μm são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância para as médias de $Dv_{0,5}$, coeficiente de uniformidade e porcentagem de gotas menores que 200 μm de um pulverizador costal motorizado com bico rotativo a 2350 rpm.

		$Dv_{0,5}$	Coef. Uniformidade	%<200			
Vazão ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) (Dosador)							
0,068	1	509 ab	0,81 a	1,53 a			
0,129	2	528 a	0,75 ab	0,87 ab			
0,181	3	495 b	0,82 a	1,42 a			
0,275	4	522 a	0,70 b	0,45 b			
0,408	5	516 ab	0,72 b	0,60 b			
Teste F		6,51*	8,27**	6,42**			
Caldas							
Água		519 a	0,74 a	0,81 a			
Água + Éster metílico		509 b	0,78 a	1,14 a			
Teste F		4,89*	3,72 ^{ns}	3,77 ^{ns}			
C.V. (%)		2,40	5,97	47,22			
Caldas		Diâmetro Mediano volumétrico (μm) para dosadores					
		1	2	3	4	5	F
Água		521 abA	543 aA	507 bA	524 abA	500 bB	5,55**
Água+ e.m		498 bcB	513 abB	483 cB	519 abA	532 aA	7,16**
F		5,10*	8,78**	5,73*	0,21 ^{ns}	9,86**	

Médias seguidas de mesmas letras minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha no desdobramento não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. e.m: éster metílico

Para o parâmetro $Dv_{0,5}$, pode-se observar no fator dosadores que houve diferença significativa apenas dos dosadores 2 e 4 quando comparado com o 3, sendo que os dois primeiros apresentaram os maiores valores de tamanho de gota. O fator perímetro do dispersor pode ter influenciado este resultado já que com menor perímetro do disco há influência da velocidade angular desta maneira formação de gotas maiores. Para o fator caldas, a adição de éster metílico diminuiu significativamente o tamanho das gotas. Este fato pode ser explicado pela ação química do adjuvante no líquido, interferindo diretamente no processo de formação de gotas e já explicado por WALTON & PREWETT (1949), na qual mostram que a tensão superficial do líquido apresenta relação direta com o tamanho da gota.

Avaliando a relação entre dosadores e caldas ocorre interação entre os fatores para o parâmetro $Dv_{0,5}$ (Tabela 2). Observa-se que a adição do éster metílico à calda diminuiu significativamente o tamanho da gota para os dosadores 1, 2 e 3, assim como não afeta o dosador 4. Já para o dosador com maior vazão (5) o efeito do éster metílico teve comportamento contrário, aumentando o tamanho da gota. O que é um indicativo da relação entre vazão e densidade do líquido, esta última não interferindo no diâmetro de gotas quando se trabalha com vazões desta ordem. Quando se estuda o efeito dos diferentes dosadores em cada calda pulverizada pode-se observar que sem considerar o dispersor utilizado não houve relação direta do tamanho da gota em função do aumento da vazão.

Para o parâmetro coeficiente de uniformidade, pode-se observar valores significativamente maiores dos dosadores 1 e 3 quando comparados com 4 e 5 (Tabela 2), o que é um indicativo de que além do dosador o dispersor desempenha fundamental função no processo de formação das gotas. Para o fator caldas a adição de éster metílico à calda não apresentou efeito que resultara em maior uniformidade de gotas.

Os valores de coeficiente de uniformidade apresentaram estreita relação com a porcentagem de gotas menores que $200\ \mu\text{m}$, sendo que menores valores de coeficiente (maior uniformidade) significaram menores porcentagens. Isto também significa uma grande vantagem comparativamente aos bicos convencionais de energia hidráulica.

Para o fator dosadores pode-se observar que as maiores vazões de cada dispersor apresentaram a maior uniformidade do espectro de gotas, o que é um indicativo da importância do regime de alimentação no dispersor para a formação da gota. Para o fator caldas a adição de éster metílico não teve influência sobre a susceptibilidade a deriva. Todos os tratamentos avaliados apresentaram porcentagem de gotas menor que 200 μm inferior a 1,6%. DI OLIVEIRA et al. (2010), avaliando as características do espectro de gotas de bicos rotativos e convencionais observaram porcentagem de gotas menores que 100 μm de 2,3% para os rotativos e 20% para os convencionais. Já CÂMARA et al. (2008), em análise de bicos de energia hidráulica XR11003 verificaram valores entre 16 e 26% de gotas menores que 100 μm .

3.2 Tamanho de gotas do bico rotativo para equipamento mecanizado.

Os resultados referentes ao $Dv_{0,5}$, amplitude relativa e porcentagem de gotas menores que 200 μm são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância para as médias dos parâmetros $Dv_{0,5}$, coeficiente de uniformidade e porcentagem de gotas menores que 200 μm .

	$Dv_{0,5}$	Coef. Uniformidade	%<200
Dosadores			
1	300 c	1,52 a	25,00 a
2	365 b	0,97 a	14,48 b
3	399 a	0,98 a	12,44 b
DMS	7,57	1,05	2,58
Rotação (rpm)			
1760	478 a	1,35 a	2,14 c
2780	341 b	1,07 a	14,03 b
3610	244 c	1,02 a	35,75 a
DMS	7,57	1,05	2,58
Calda			
Água	382 a	1,01 a	14,08 b
Água + éster metílico	327 b	1,29 a	20,51 a
DMS	5,12	0,71	1,75
C.V. (%)	2,61	112,21	18,31

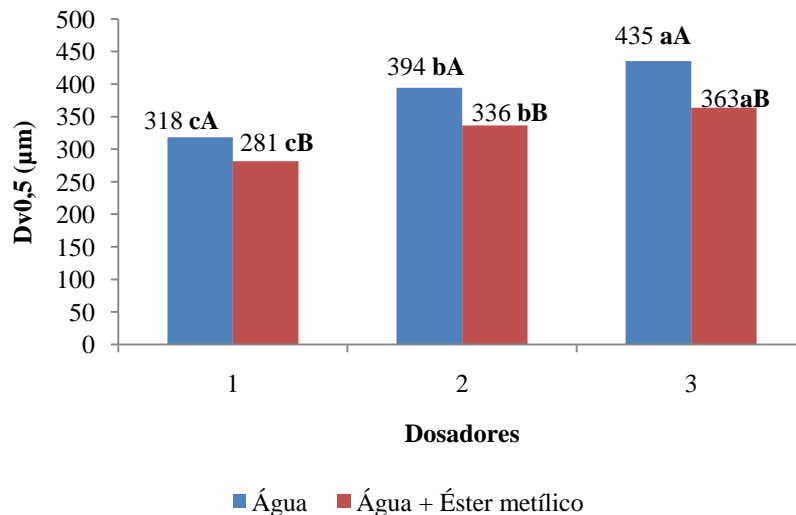
Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação

Para o parâmetro $Dv_{0,5}$ verifica-se aumento significativo no tamanho da gota em função do aumento da vazão entre dosadores (Tabela 3). Para o fator rotação, o aumento resultou em diminuição significativa do tamanho de gotas. Este fato também foi relatado por RUAS et al. (2009), em trabalho realizado avaliando cinco rotações (1002, 1499, 2005, 2502 e 3008 rpm) com bico munido de cone rotativo, observaram que com o aumento da rotação há um decréscimo dos valores do $Dv_{0,5}$, parâmetro analisado em etiquetas de papel Contact. Os autores ainda afirmam que o decréscimo do $Dv_{0,5}$ é dado pelo aumento da velocidade de deslocamento, o que indica a existência de um limite mínimo de diâmetro. Os autores citam que a tendência do surgimento de um diâmetro-limite proporcionado pelo aumento na rotação do pulverizador com bico centrífugo, pode estar relacionada à ação das forças externas e internas resultantes da resistência do ar e da tensão superficial da água, ocorridas durante o percurso das gotas no ar.

Para o fator caldas, o acréscimo de éster metílico à calda resultou em decréscimo do $Dv_{0,5}$, apresentando diferença significativa ao nível de 5%.

Os menores diâmetros de gotas verificados neste experimento significaram aumento considerável da porcentagem de gotas menores que 200 μm (Tabela 3). Pode-se observar neste parâmetro para o fator dosadores que, embora não tenha ocorrido diferença significativa no coeficiente de uniformidade o dosador 1 resultou em maior porcentagem de gotas menores que 200 μm , pelo fato de apresentar o menor $Dv_{0,5}$ e um coeficiente de uniformidade considerado alto já que se assemelha com coeficientes de uniformidade observados em bicos convencionais por diferentes autores (FERREIRA, et al., 2007; FERNANDES et al., 2007).

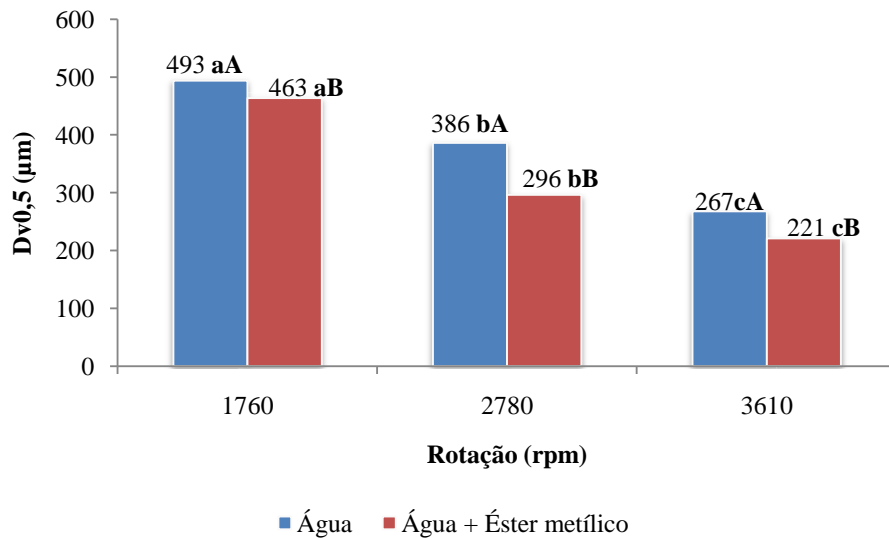
Na relação entre dosadores e caldas observa-se interação entre os fatores, na qual observa-se, que independente da calda aplicada ocorreu aumento do tamanho da gota de maneira significativa, em função do aumento da vazão, assim como a adição de éster metílico à calda em cada dosador utilizado resultou em diminuição do $Dv_{0,5}$ (Figura 5).



Letras maiúsculas iguais entre calda e minúsculas entre dosadores não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 5. Desdobramento da interação entre dosadores e caldas para o parâmetro $Dv_{0,5}$.

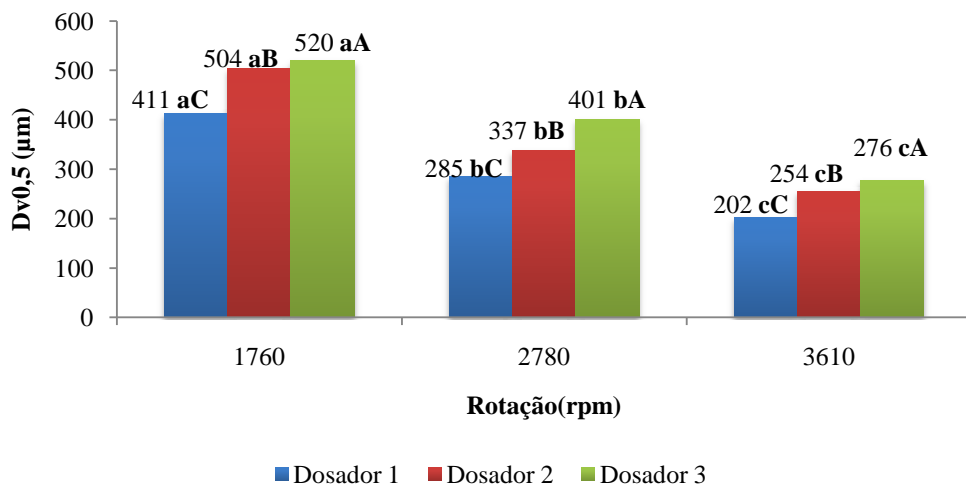
Na interação entre a rotação e as caldas pode-se observar que houve diferença significativa entre as rotações dentro de cada calda e entre as caldas dentro de cada rotação, onde o aumento da rotação e a adição de éster metílico resultaram em menor diâmetro mediano volumétrico (Figura 6).



Letras maiúsculas iguais entre calda e minúsculas entre rotações não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6. Desdobramento da interação entre rotações e caldas para o parâmetro Dv0,5.

Quando se analisa as rotações dentro de cada dosador pode-se observar que ocorre aumento no tamanho da gota quando há diminuição da rotação e o inverso quando ocorre o acréscimo da mesma, fato já esperado e constatado por RUAS et al., (2009) (Figura 7).



Letras maiúsculas iguais entre dosadores e minúsculas entre rotações não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7. Desdobramento da interação entre rotação e dosadores para o parâmetro Dv0,5.

Houve interação entre os fatores dosadores, rotações e caldas, cujos valores das médias são apresentados nas Tabelas 4.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre dosadores, rotações e caldas para a porcentagem de gotas menores que 200 µm.

Dosadores	Rotações			F
	1760	2780	3610	
1	5,37 cA	20,88 bA	48,75 aA	288,52**
2	0,66 cB	13,46 bB	29,33 aB	123,14**
3	0,39 cB	7,75 bC	29,19 aB	133,67**
F	4,68*	25,89**	75,63**	
Caldas	Rotações			F
	1760	2780	3610	
Água	1,89 cA	9,55 bB	30,83 aB	201,37**
Água + Éster metílico	2,39 cA	18,51 bA	40,68 aA	331,06**
F	0,11 ^{ns}	35,95**	43,44**	

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

Assim como verificado para $Dv_{0,5}$, para as duas caldas avaliadas, o aumento da rotação resultou em aumento significativo da porcentagem de gotas menores que 200 μm . Quando estudadas as caldas dentro de cada rotação pode-se observar que na rotação de 1760 rpm não houve diferença significativa, já para 2780 e 3610 rpm a calda com éster metílico apresentou porcentagem significativamente maior de gotas menores que 200 μm , ao nível de 5% de probabilidade, novamente mostrando que o acréscimo deste adjuvante com rotações altas influenciam fortemente na susceptibilidade a deriva (Tabela 4).

Pode-se observar que houve diferença significativa para os dosadores estudados sob o efeito do aumento da rotação (Tabela 4). Na rotação de 1760 rpm o dosador que apresentou maior porcentagem de gotas menores que 200 μm foi o de menor vazão. Porém com porcentagem menor que 6%, significativamente menor que o verificado para as demais rotações. Para a maior rotação, os valores de porcentagem de gotas menores que 200 μm podem ser considerados altos, em especial o do dosador 1 que apresentou o maiores valores, com quase 50% de gotas menores que 200 μm . Na rotação de 2780 houve diferença significativa entre os três dosadores estudados, sendo o dosador 1 quem apresentou a maior porcentagem (Tabela 4). Como relatado anteriormente, isto se explica pela redução do diâmetro das gotas em função da rotação e associada à vazão. Para o dosador 1, na maior rotação o $Dv_{0,5}$ foi muito próximo a 200 μm (Figura 7). Desta forma, é natural que em torno da metade do volume pulverizado seja de gotas menores do que este diâmetro, pela própria definição do parâmetro.

3.3 Análise do padrão de distribuição volumétrica.

Na Figura 8 são apresentados os perfis de distribuição volumétrica para o dosador 1, nas duas caldas e três rotações estudadas.

Para o dosador 1 pode-se observar que quando utilizada a calda a base de água ocorreu distribuição volumétrica desuniforme nas rotações de 1760 e 2780 rpm. Quando se utilizou a maior rotação (3610 rpm) a distribuição volumétrica apresentou um

comportamento mais regular, similar ao dos bicos hidráulicos. Desta forma, surge a importância do correto espaçamento entre os bicos para que ocorra uma correta sobreposição entre os jatos pulverizados. Quando houve pulverização da calda com a adição de adjuvante em todas as rotações a distribuição volumétrica resultou em tendências melhores quando comparada à calda com água. Devido às alterações físico-químicas da calda quando se adiciona a ela um produto fitossanitário, é adequado que os ensaios da natureza do ora conduzido não utilizem apenas a água como calda, a fim de representar melhor o que se obtém em condições reais de operação.

Para o dosador 2 pode-se observar que ocorrem os melhores padrões de distribuição a partir da rotação de 2780 rpm, para ambas as caldas. Ao igual que com o dosador 1, neste, a adição de éster etílico à calda também favoreceu a um melhor padrão de distribuição (Figura 9).

Para o dosador 3, ocorreram os piores padrões de distribuição. A partir da rotação de 2780 rpm, pode-se observar que os padrões de distribuição estão aparentemente incompletos, isto pode ter acontecido pelo aumento na vazão de tal maneira que uma faixa pulverizada pode ter ficado fora da área de avaliação (papéis hidrossensíveis). Da mesma forma que nos bicos anteriores, a adição de éster metílico resulta em forte tendência de melhorar o padrão de distribuição volumétrica (Figura 10).

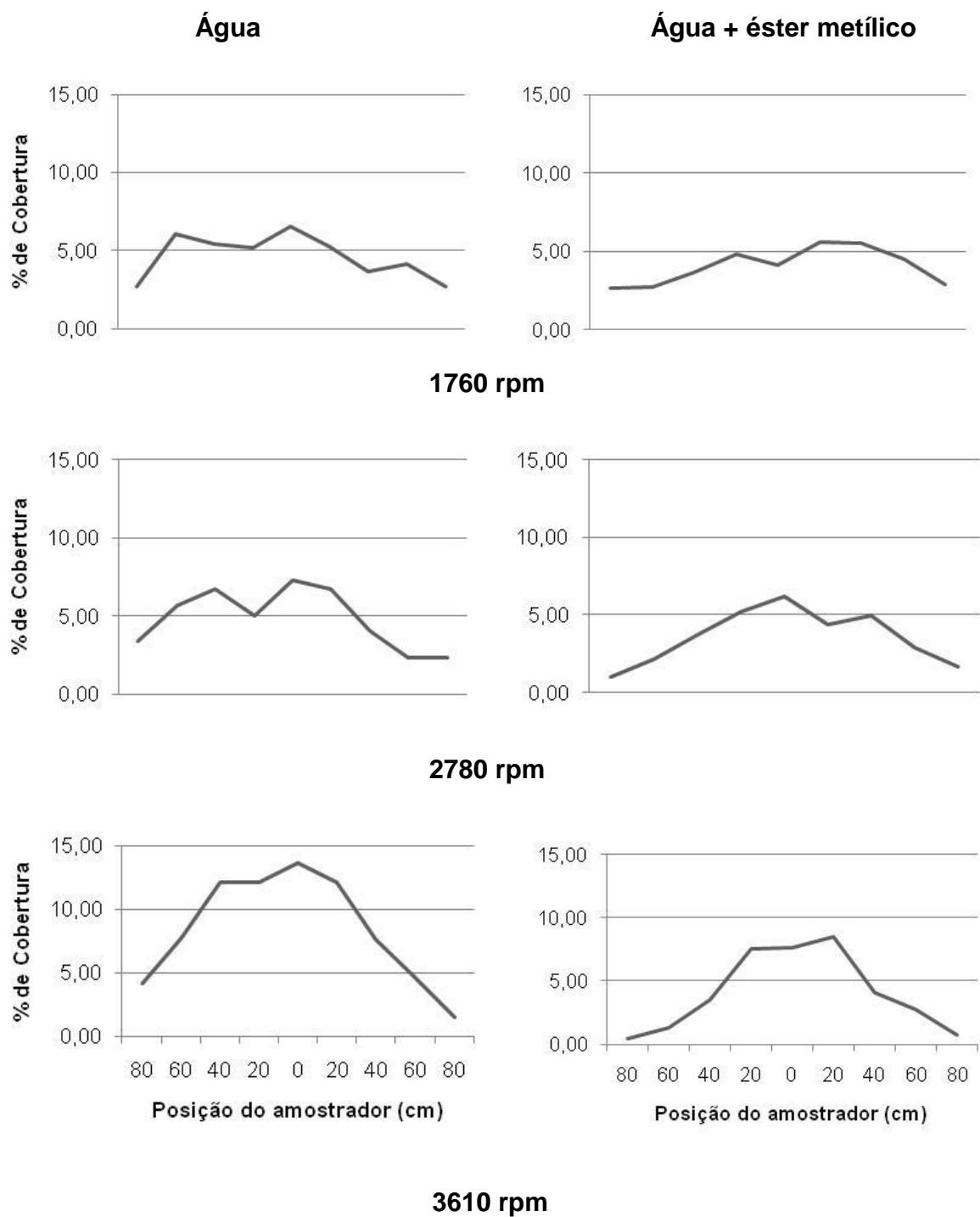


Figura 8. Distribuição volumétrica do dosador 1 nas três rotações e duas caldas estudadas.

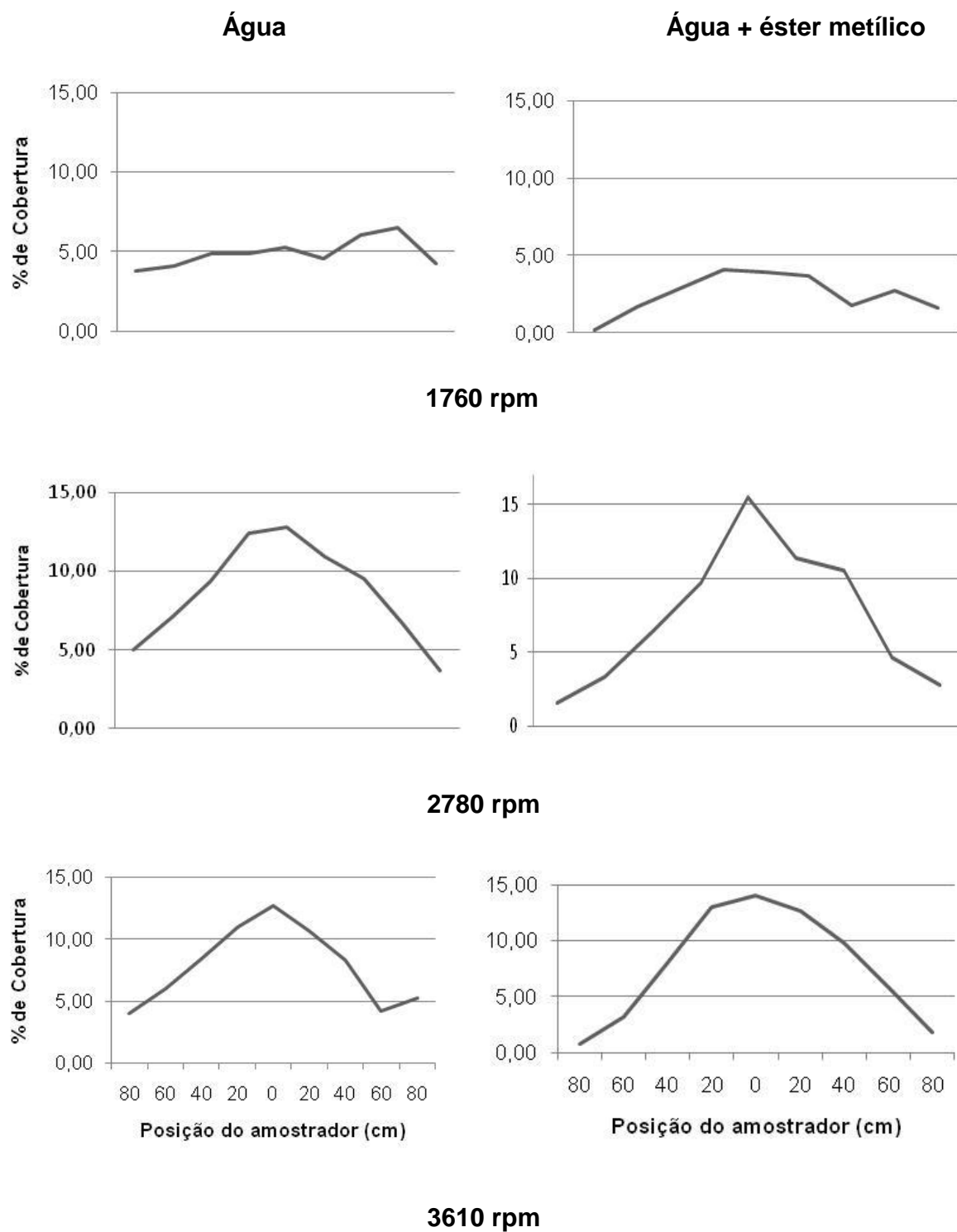


Figura 9. Distribuição volumétrica do dosador 2 nas três rotações e duas caldas estudadas.

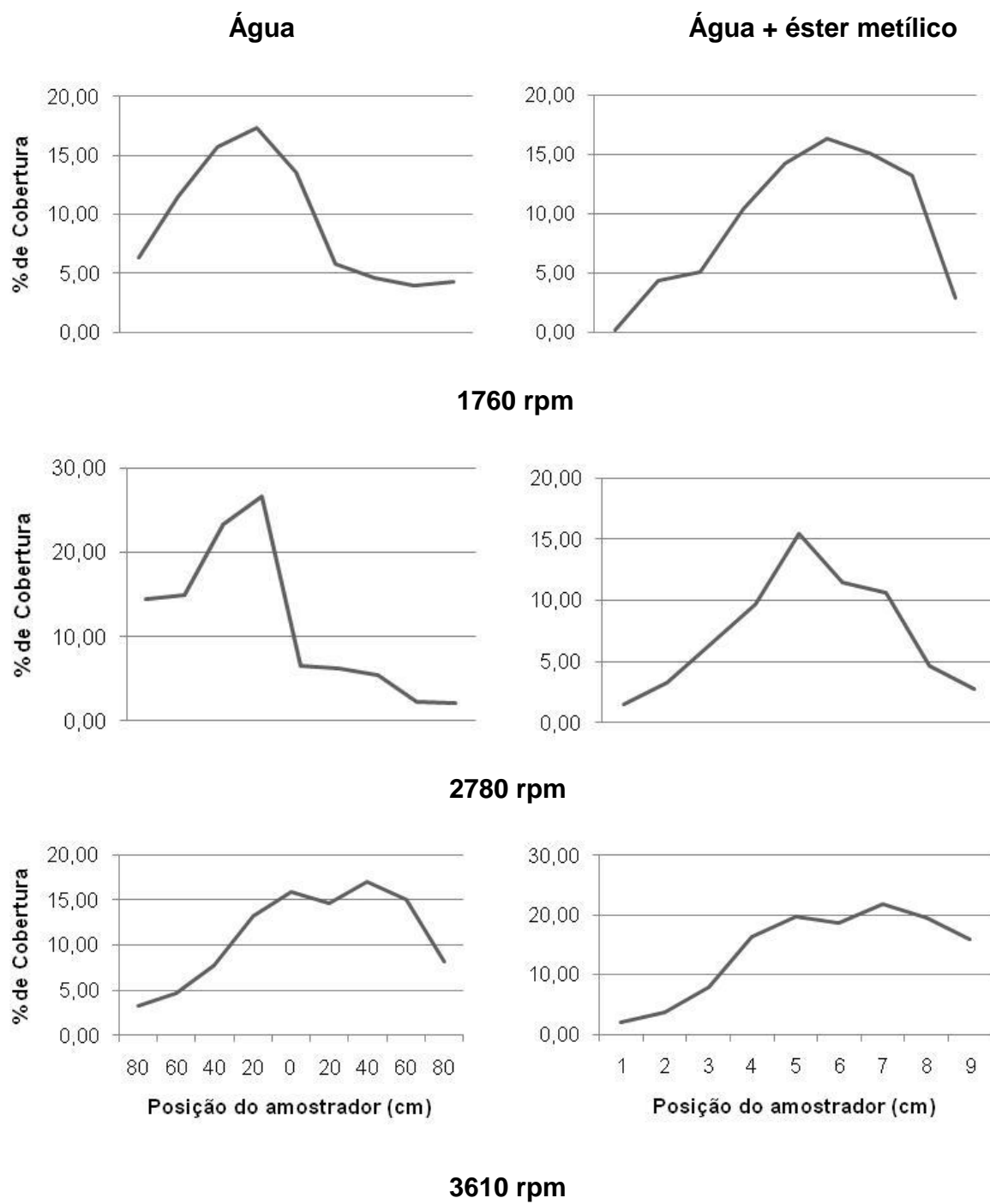


Figura 10. Distribuição volumétrica do dosador 3 nas três rotações e duas caldas estudadas.

Na Figura 11, são apresentados os gráficos das equações polinomiais de ordem quatro para o dosador 1 com as duas caldas e nas diferentes rotações estudadas.

Para o dosador 1, na rotação de 1760 rpm, pode-se observar que o espaçamento máximo aceitável para ocorrer distribuição homogênea ao longo da barra de pulverização com coeficiente de variação de 10% deve ser de 46,2 cm. Para as rotações de 2780 e 3610 rpm os espaçamentos máximos devem ser de 59,5 e 131,0 cm respectivamente. Verifica-se, portanto, que o aumento da rotação aumentou consideravelmente a faixa tratada e, conseqüentemente, a possibilidade de espaçar os bicos na barra. Quando há acréscimo de éster metílico, os espaçamentos máximos para um coeficiente de variação de 10% devem ser 81,1, 79,5 e 80,0 cm, respectivamente para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm. Pode-se observar que com aumento da rotação não houve aumento do espaçamento entre bicos, como verificado para a calda de apenas água.

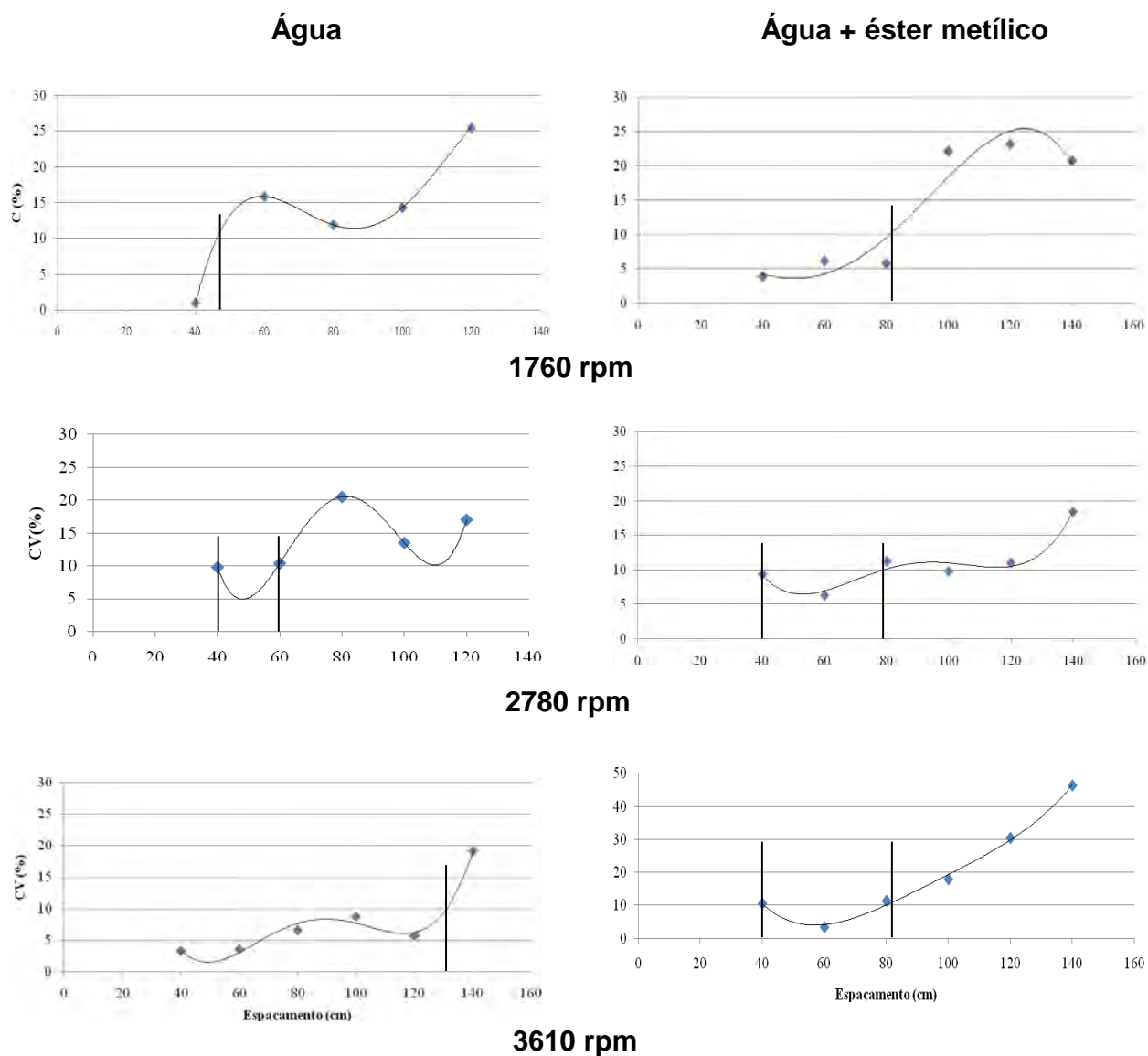


Figura 11. Coeficientes de variação da simulação do espaçamento entre bicos na barra nas rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm, para o dosador 1 nas duas caldas estudadas.

Para o dosador 1, na rotação de 1760 rpm, pode-se observar que o espaçamento máximo aceitável para ocorrer distribuição homogênea ao longo da barra

de pulverização com coeficiente de variação de 10% deve ser de 46,2 cm. Para as rotações de 2780 e 3610 rpm os espaçamentos máximos devem ser de 59,5 e 131,0 cm respectivamente. Verifica-se, portanto, que o aumento da rotação aumentou consideravelmente a faixa tratada e, conseqüentemente, a possibilidade de espaçar os bicos na barra. Quando há acréscimo de éster metílico, os espaçamentos máximos para um coeficiente de variação de 10% devem ser 81,1, 79,5 e 80,0 cm, respectivamente para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm. Pode-se observar que com aumento da rotação não houve aumento do espaçamento entre bicos, como verificado para a calda de apenas água. Ainda pode-se observar que quando há uma faixa de espaçamentos como é o caso da rotação de 2780 rpm nas duas caldas e 3610 rpm na calda com éster metílico pode-se optar por diferentes vazões e rotações sempre e quando o espaçamento não sai da faixa de espaçamento indicada.

Na Figura 12 são apresentados os gráficos das equações polinomiais de ordem quatro para o dosador 2 nas suas respectivas rotações nas caldas estudadas. Para o dosador 2, os espaçamentos máximos aceitáveis para um coeficiente de 10% devem ser de até 72, 131 e 75 cm, para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm respectivamente. É válido acrescentar que a linha de tendência mostra alguns intervalos de espaçamentos que podem ser aceitos. Desta forma, os valores citados não deverão ser, via de regra, o espaçamento indicado para se utilizar na barra e sim um indicativo do espaçamento máximo aceitável para que não ocorra distribuição heterogênea. Ainda para o dosador 2, trabalhando com calda água + éster metílico, os espaçamentos máximos para um coeficiente de variação de 10% devem ser 45, 80 e 110 cm, respectivamente para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm. Pode-se observar que com utilização deste bico ocorre aumento do espaçamento com o aumento da rotação, obedecendo ao princípio do aumento da faixa de pulverização, sendo que este dosador resulta em uniformidades melhores.

Na figura 13 são apresentados os gráficos das equações polinomiais de ordem quatro para o dosador 3 nas suas respectivas rotações nas caldas estudadas. Para o dosador 3 com a calda água, pode-se observar que os espaçamentos máximos para um coeficiente de variação de 10% deverão ser de 75, 41,6 e 67,4, respectivamente

para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm,. Quando há adição de adjuvante éster metílico os espaçamentos máximos para um coeficiente de variação de 10% devem ser 42,2, 80,3 e 68,7 cm, para as rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm respectivamente.

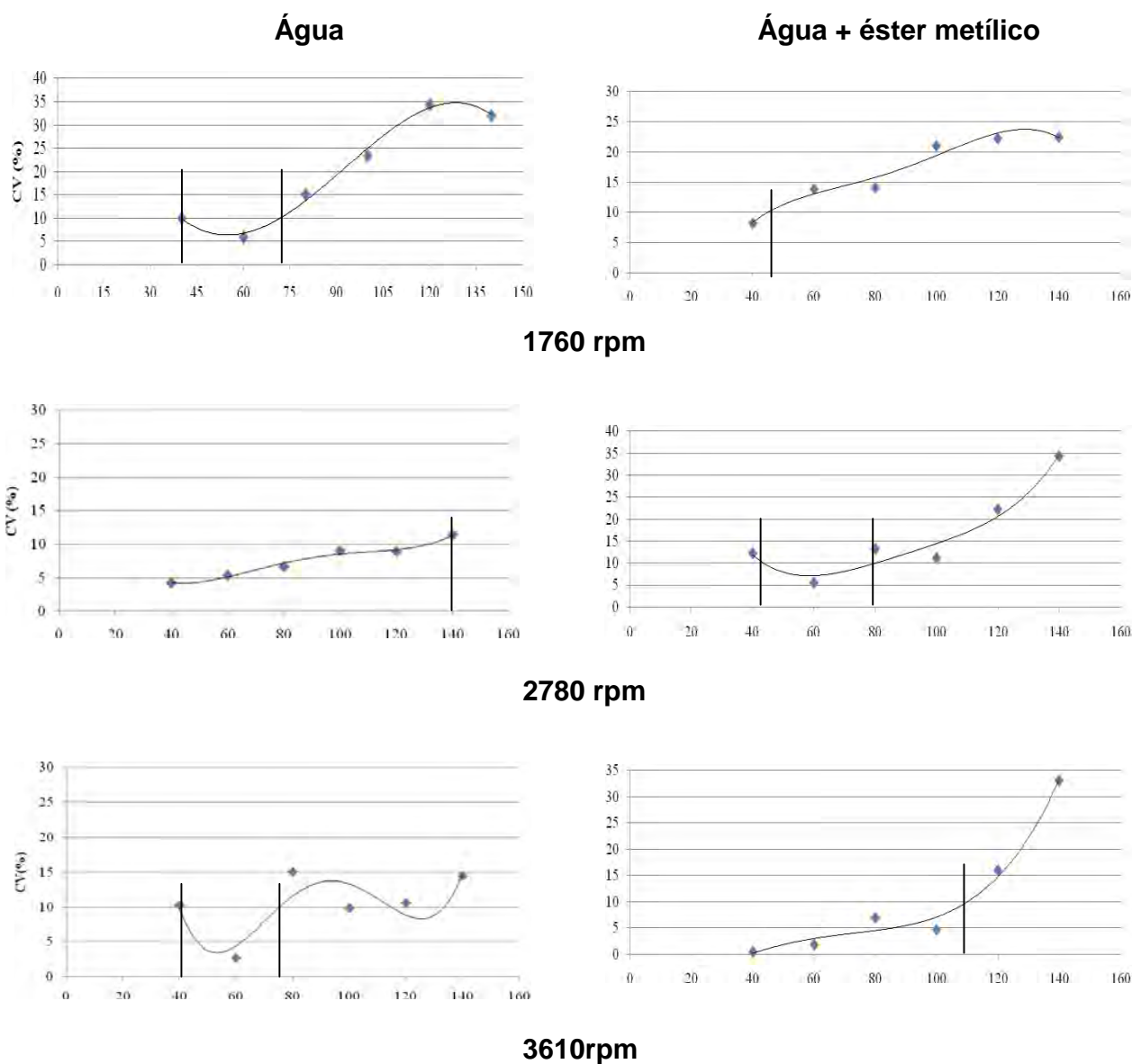


Figura 12. Coeficientes de variação da simulação do espaçamento entre bicos na barra nas rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm, para o dosador 2 nas duas caldas estudadas.

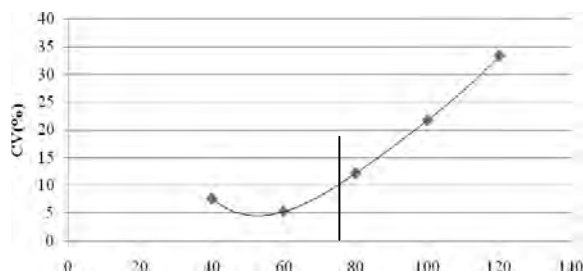
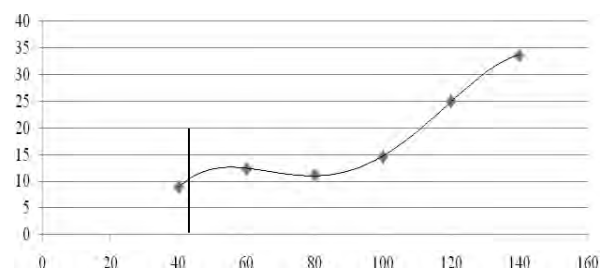
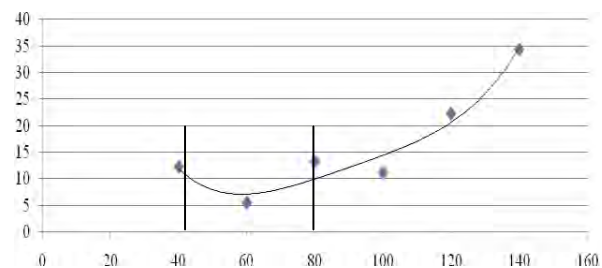
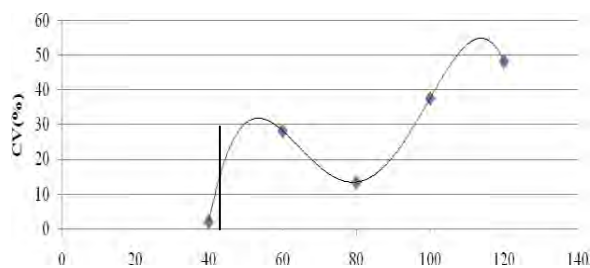
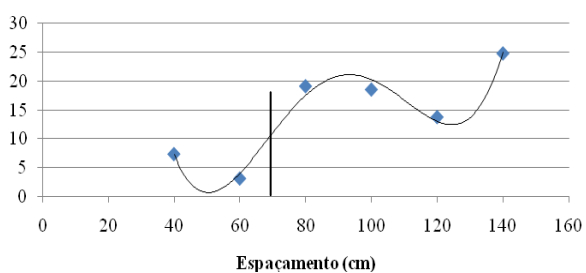
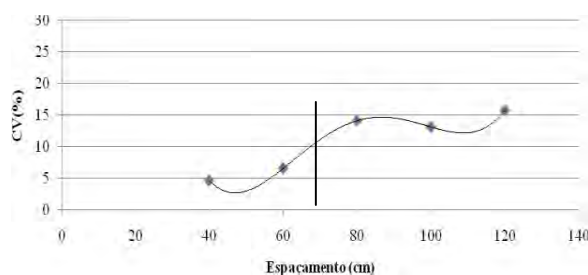
Água**Água + éster metílico****1760 rpm****2780 rpm****3610 rpm**

Figura 13. Coeficientes de variação da simulação do espaçamento entre bicos na barra nas rotações de 1760, 2780 e 3610 rpm, do dosador 3 nas duas caldas estudadas.

Pode-se observar de maneira geral que houve uma uniformização dos espaçamentos quando se adicionou éster metílico à calda, em relação à calda água.

Desta forma, recomenda-se acrescentar adjuvantes quando se realizarem ensaios com bicos de pulverização de energia centrífuga, assim como o recomendado para energia hidráulica. Outros experimentos podem ser realizados avaliando-se a concentração destes adjuvantes à calda, bem como a faixa máxima de distribuição do volume pulverizado.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- Vazão, rotação do bico e calda influenciam o diâmetro mediano volumétrico e a porcentagem de gotas menores que 200 μm , mas não afetam a uniformidade do espectro de gotas sugerindo-se determinação da vazão para determinados diâmetros para aplicações a campo;
- Os padrões de distribuição volumétrica são influenciados pela rotação e adição de éster metílico à calda permitindo a determinação de uma faixa de aplicação para caldas e rotações distintas, sendo que o espaçamento de 40 cm entre bicos na barra foi o que melhor atendeu ao critério do coeficiente de variação 10% para a calda com o éster metílico;

REFERÊNCIAS

BODE, L.E.; BUTLER, B.J. Spray Characteristics of Rotary Atomizers. In: SEYMOUR, K.G. **Pesticide Formulations and Application Systems**: Second Conference, ASTM STP 795. [S.l.]: American Society for testing and materials, 1983.

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 estendida XR11003. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p. 740-749. 2008

CARVALHO, W. P. A.; FURLAN JUNIOR. Estudo comparativo entre coletores para determinação do DMV e coeficiente de dispersão na amostragem de gotas em aplicações de produtos líquidos. **Energia na Agricultura**, v.12, n.1, p. 28-37, 1997.

CUNHA, J.P.A.; 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**, v.39, n.10, p.977-85, 2004.

DI OLIVEIRA, J.R.G.; FERREIRA, M.D.; ROMAN, R.A.A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*, **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p. 92-99. 2010

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, T.C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, v.13, n.4, p.765-70, 1999.

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**, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERNANDES FILHO, E.I.; VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J.R. Software QUANT v.1.0.0.22 – Quantificação de Doenças de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2002. CD-ROM.

FERREIRA, M. C. **Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários em cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. 1 ed. Piracicaba: Prol - Editora Gráfica, 2006, v. 1, p. 293-303.

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**, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

JOHNSTONE, D.R. Statistical description of spray drop size for controlled drop application. In: Symposium on Controlled droplet application, 1978.

LAGUNA, A. Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361 p., 2000.

LEFEBVRE, A. H. Atomization and sprays. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989.421 p.

ROMAN, R.A.R.; CARVALHO, G.F.G; BAGGIO, M.V.; FERREIRA, M.C.; FUZITA, W. Diâmetro mediano volumétrico, amplitude relativa e porcentagem de gotas susceptíveis a deriva de pontas de pulverização TFVS-02. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2009, **Anais...** Juazeiro/Petrolina –BA/PE, 2009

RUAS, R.A.A. **Tecnologia de aplicação de glyphosate para certificação de produtos agrícolas**. 2007, 107p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.

RUAS, R.A.A.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; SILVA, A.A.; VIEIRA, R.F. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para aplicação de agrotóxicos, **Engenharia na Agricultura**, v.17, n. 1, p. 31-41, 2009

WALTON, W.H.; PREWETT, W.C. Atomization by spinning discs. **Proceedings of Physical Society**, v. 62, p. 341-350, 1949.

CAPÍTULO 3 - COBERTURA, DEPOSIÇÃO E TAMANHO DE GOTAS DE CALDAS INSETICIDAS POR BICOS HIDRÁULICOS E CENTRÍFUGOS NA CULTURA DO ALGODÃO

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi determinar a cobertura, deposição e tamanho de gotas de bicos de energia hidráulica e centrífuga, com e sem a adição de adjuvantes à calda inseticida, na cultura do algodão. Na Fazenda Experimental da UNESP, Câmpus de Jaboticabal foi realizada a avaliação de cobertura e deposição. Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 3x4+1, sendo três modelos de bicos (TT11001, XR11001 e ECOS), quatro caldas (endossulfan, endossulfan + óleo vegetal, endossulfan + óleo mineral e endossulfan + nonilfenol) com volume de aplicação de 40 L.ha⁻¹ e uma testemunha aplicada com calda a base de endossulfan e volume aplicação de 150 L.ha⁻¹, com bico TT11002. Para a avaliação de cobertura foram utilizados papéis hidrossensíveis predispostos nos terços superior, médio e inferior de uma planta de algodoeiro por parcela. Para a avaliação de deposição foram coletadas duas folhas por terço da planta de onde foi extraído o marcador manganês quantificado em espectrofotometria de absorção atômica. No Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas foram avaliados os mesmos tratamentos utilizados a campo apenas diferenciando o delineamento experimental, sendo utilizado o inteiramente casualizado. Não houve diferença significativa para a cobertura entre os tratamentos nos três terços da planta. Na interação entre testemunha e o fatorial, houve diferença significativa apenas nos terços superior e médio. Para deposição, o bico de energia centrífuga apresentou maiores depósitos em relação aos bicos de energia hidráulica. O volume de 150 L.ha⁻¹ utilizado como testemunha resultou em maiores depósitos nos três terços da planta de algodoeiro. A adição de adjuvantes não alterou os depósitos de calda inseticida nos três terços da cultura. Para tamanho de gotas o bico de energia centrífuga com adição de adjuvante apresentou os melhores resultados em relação aos parâmetros cobertura, deposição e tamanho de gotas.

Palavras-chave: Adjuvante, Pulverização, Tecnologia de aplicação, Controle químico

SUMMARY - The aim of this study was to determine the coverage, deposition and droplet size of spray nozzle and spinning disc atomizer with and without the addition of adjuvants to spray insecticide in cotton. In the experimental farm of UNESP, Jaboticabal was performed to evaluate coverage and deposition. Experimental design was used in blocks with 3x4 +1, three types of nozzles (TT11001, XR11001 and ECOS), four spray liquids (endosulfan, endosulfan + vegetable oil, endosulfan + mineral oil and endosulfan+ nonylphenol) with application volume of 40 L.ha⁻¹ and a control applied with endosulfan and volume application of 150 L.ha⁻¹, with TT11002nozzle. For the evaluation of coverage were used hydrosensitive papers predisposed in the upper, middle and bottom of a cotton plant per plot. For the evaluation of deposition were collected by two leaves per third of the plant where the bullet was extracted manganese quantified by atomic absorption spectrophotometry. In the Laboratory of Particle Size Analysis evaluated the same treatments used to field only differentiating the experimental design, which used the randomized design. There was no significant difference in coverage between treatments in all three thirds of the plant. In the interaction between witness and factorial difference was significant only in the upper and middle. For deposition, the nozzle had higher centrifugal energy deposits in relation to the hydraulic spray nozzle. The volume of 150 L.ha⁻¹ used as a control resulted in the largest deposits in the three thirds of the cotton plant. The addition of adjuvants did not alter the deposits of insecticide spray in all three thirds of the crop. For the droplet size the atomizer with the addition of adjuvant showed the best results with respect to coverage parameters, deposition and droplet size..

keywords: Adjuvant, spray, application technology, chemical control

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro, dentre as espécies cultivadas, apresenta grande complexo de pragas, algumas delas bastantes nocivas à cultura. A planta atrai e hospeda insetos e ácaros, os quais infestam raízes, caules, folhas, botões florais, maçãs e capulhos (AGUILLERA & BOTTAN, 2005).

Na cultura do algodoeiro, 275 espécies de insetos são consideradas nocivas. Porém, danos significativos são causados por apenas 5 a 10 deles (CRUZ & PASSOS, 2003). Dentre estas pragas, o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) apresenta maior destaque.

A utilização de volume da calda reduzido e de novas técnicas de aplicação, vem sendo apresentadas em alguns trabalhos. Os benefícios como menor contaminação do ambiente, menor exposição do aplicador, menor desperdício de água e redução dos custos de produção, sem comprometer a eficiência da aplicação, justificam pesquisas que avaliem os métodos de aplicação a baixo volume (FERREIRA et al., 2005).

Para aplicação em volume baixo, os bicos rotativos apresentam características próprias que se enquadram para esta finalidade. No regime de trabalho adequado, os bicos rotativos produzem gotas cuja uniformidade atende a uma das condições para ser classificado como CDA (Controlled Drop Application), com coeficiente de dispersão menor que 1,4. De acordo com LAGUNA (2000), estes equipamentos produzem população de gotas com coeficientes de dispersão de 1,2 a 1,6. Entretanto, se a vazão for excessiva, essa uniformidade não será atingida.

Os bicos de energia centrífuga distinguem-se em duas formas de aplicação. A primeira é a utilização de alta rotação para produzir gotas pequenas que são lançadas sobre a área a ser tratada. A segunda é a utilização de gotas maiores, cerca de 250 µm, para aplicação sem deriva (MATUO, 1990).

A adição de adjuvantes à calda inseticida apresenta como finalidade mudar as características físicas do líquido, desta forma melhorar a penetração e o tempo de vida das gotas. BUTLER ELLIS et al., (1997) avaliaram o efeito de adjuvantes na produção de gotas e verificaram que os adjuvantes provocaram alterações significativas no

diâmetro e na velocidade das gotas (para mais ou para menos). De acordo com MILLER & BUTTLER ELLIS (2000) as mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento destas em contato com o alvo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a cobertura, deposição e tamanho de gotas em função de tipos e modelos bicos de pulverização e caldas com diferentes adjuvantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento a campo.

O experimento foi realizado em área do Departamento de Fitossanidade da UNESP, Campus de Jaboticabal, na safra 2008/09. A cultivar de algodoeiro utilizada foi a Nuopal, com ciclo de 180 dias, que apresenta como característica a transgenia para resistência à *Alabama argillacea*, *Heliothis virescens* e *Pectinophora gossypiella* (MONSANTO DO BRASIL, 2006).

Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas para o controle de insetos e fungos de solo. Foi utilizado o fungicida thiram (Mayran) na dosagem de 400 g/100 kg de semente e inseticida thidicarb (Semevin) na dosagem de 2 L/100 kg de semente.

A área experimental foi preparada pelo sistema de semeadura convencional, onde foram realizadas uma gradagem pesada e duas gradagens leves. Prévia a operação de gradagem leve foi aplicado o herbicida trifluralina na dosagem de 2,4L.ha⁻¹ com volume de aplicação de 200 L.ha⁻¹, com a finalidade de controlar plantas daninhas de folha estreita. A semeadura da cultivar foi realizada no dia 12 de novembro de 2008 com utilização de semeadora Jummil Exacta 2640 SD, com configuração para semeadura convencional utilizando duas linhas de semeadura espaçadas em 0,90 cm e distribuindo 12 sementes por metro linear de sulco, tracionada por um trator Massey Ferguson 620 com potência de 77 kW (105 cv) com tração 4x2 TDA. Após a

semeadura foi aplicado o herbicida diuron na dosagem de $2,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ com volume de aplicação de $200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, com finalidade de controlar plantas daninhas de folha larga.

2.1.1 Aplicação dos tratamentos.

A aplicação dos tratamentos foi realizada aos 123 dias após a semeadura, (16/03/2009) quando a cultura se encontrava em estágio fenológico F3 com altura média de plantas de 1,5 m.

As condições meteorológicas se mantiveram dentro da recomendação para uma correta aplicação (temperatura de 26 a $30,5^\circ$, umidade relativa de 66 a 77% e ventos de 3,8 a $8,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Na aplicação das caldas inseticidas foi utilizado um pulverizador montado tratorizado da marca Apoiotec, com barra horizontal de 6 m, disposta apenas para o lado esquerdo do pulverizador (Figura 1).



Figura 1. Pulverizador utilizado no experimento para avaliação de cobertura de gotas e deposição de inseticida na cultura do algodão.

Os bicos de pulverização utilizados foram de energia centrífuga e energia hidráulica, sendo os de energia centrífuga com disco rotativo modelo ECOS da marca Apoiotec, com rotação de 4250 rpm e vazão $100 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, na pressão de 20 kPa e aplicando volume de calda de $40 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ na velocidade de $3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. O espaçamento na

barra para os bicos rotativos foi de 0,60 m com angulação de 30° em relação ao plano do solo voltado para trás da barra do pulverizador (Figura 2).



Figura 2. Bico rotativo Ecos da Apiootec para avaliação de cobertura pelas gotas e deposição de inseticida na cultura do algodão.

Os bicos hidráulicos foram fixados numa barra úmida que foi anexada à estrutura da barra do pulverizador (Figura 3). A pressurização do sistema foi realizado com CO₂ comprimido, com pressão do sistema hidráulico de 200 kPa para os modelos XR11001 e TT11001 aplicando volume de calda de 40 L.ha⁻¹, na velocidade de 7,2 km.h⁻¹ (Figura 4). Na testemunha com aplicação foi utilizado o bico TT11002 com pressão de 200 kPa aplicando 150 L.ha⁻¹ na velocidade de 4 km.h⁻¹ (Figura 4). Para deslocamento do pulverizador foi utilizado um trator Massey Ferguson 275 de 55 kW (75 cv) com tração 4x2.



Figura 3. Barra úmida anexada à barra de pulverização para suporte dos bicos de energia hidráulica



Figura 4. Pontas de pulverização de energia hidráulica utilizados na aplicação dos tratamentos.

As caldas inseticidas utilizadas foram todas a base de endossulfan do grupo dos diclofenoclorados na dosagem de $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, tendo como variáveis a adição e o tipo de adjuvantes utilizados. Os adjuvantes foram: óleo vegetal 0,5% (Veget Oil), óleo mineral 0,5% (Assist) e nonilfenol 0,5% (Tensor Plus). A escolha dos adjuvantes foi pela ampla utilização que estes apresentam no contexto da agricultura brasileira, principalmente em culturas anuais, como é o caso do algodoeiro.

2.1.2 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.

Para a determinação da cobertura foram utilizados papéis hidrossensíveis posicionados no terço inferior, médio e superior do dossel da cultura (Figura 5), sendo grampeados diretamente sobre as folhas. Após a passagem do pulverizador em cada parcela e nas quatro repetições, os papéis foram retirados e acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição à umidade. Depois de retirados os papéis hidrossensíveis foram levados para o laboratório para serem digitalizados em escâner de mesa, com resolução de 300 dpi. Após a digitalização dos papéis foi utilizado o programa Quant 2002® para quantificação da porcentagem de área coberta pelas gotas. A porcentagem de cobertura das gotas foi quantificada pela área manchada, subtraindo-se da área total digitalizada (RODRIGUES, 2005).



Figura 5. Disposição do papel hidrossensível disposto nos terços superior, médio e inferior em planta de algodão.

2.1.3 Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.

Para verificação da deposição das gotas nas folhas do algodoeiro, foi adicionado às caldas de pulverização o marcador manganês na concentração de 240 g.ha^{-1} para os tratamentos e 900 g.ha^{-1} para a testemunha aplicada. Após cada aplicação, foram coletadas em cada parcela duas folhas de cada altura da planta representando o terço inferior, médio e superior, portanto seis folhas por parcela. Estas foram acondicionadas no campo em sacos de plástico identificados que ao chegarem ao laboratório

receberam 150 mL de solução HCl 0,2N e foram mantidas por 2 horas em repouso para que o ácido extraísse o manganês da superfície da folha, (MACHADO-NETO & MATUO, 1989). Posteriormente realizaram-se as filtrações dos extratos que foram encaminhadas ao Laboratório de Ecotoxicologia e Saúde Ocupacional do Departamento de Fitossanidade da Unesp Campus de Jaboticabal, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica do modelo GBC 932 AA com lâmpada cátodo oco com corrente de 5,0 mA ajustada para 279,5 nm de comprimento de onda e fenda de 0,2 nm (Figura 6). As folhas mantidas na solução de HCl foram posteriormente lavadas e digitalizadas, sendo utilizadas para estimar a área foliar através do software Quant 2002®. Para obtenção da deposição de inseticida em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$, as concentrações de manganês obtidas das leituras foram correlacionadas às áreas foliares, resultando na quantidade de calda expressa em microlitro por centímetro quadrado de folha, de acordo com a fórmula proposta por MACHADO-NETO & MATUO, 1989.



Figura 6. Espectrofotômetro GBC 932 AA utilizado para leitura do marcador manganês.

2.2 Determinação do tamanho de gotas.

A análise da população de gotas foi realizada no Laboratório de Análise de Partículas (LAPAR), da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal.

O espectro do diâmetro de gotas produzidas pelos diferentes bicos e caldas de pulverização avaliadas foi determinado de forma direta no analisador de tamanho de partículas em tempo real (Mastersizer S®, versão 2.19), ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm).

O diâmetro das gotas do espectro pulverizado é determinado através do desvio de trajetória sofrido pelos raios de um feixe de laser ao atingi-las. O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999) ou seja, quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (FERNANDES et al., 2007).

Para os bicos hidráulicos foram selecionadas ao acaso três pontas em um lote de doze exemplares. Para cada ponta foram realizadas três leituras do espectro de gotas, representando as repetições, em delineamento inteiramente casualizado.

As pontas de pulverização foram posicionadas a 400 mm do feixe de laser para analisar em duas dimensões através do plano horizontal (FAO, 1998). Cada ponta foi instalada em um transportador radial, permitindo que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso em três segundos. Cada leitura do laser é realizada com intervalo de 2 milissegundos, por conseguinte, são realizadas 500 leituras por segundo.

Para o bico rotativo, foi utilizado um pulverizador semi-estacionário composto por tanque de 20 L com bomba de diafragma e vazão de $12,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. O bico se encontrava numa estrutura de sustentação para mantê-lo na posição de passagem das gotas pelo feixe de laser. O bico rotativo teve leitura de gotas de maneira diferente, posicionando o dispersor do bico a 15 cm no sentido transversal do feixe do laser (Figura 7).

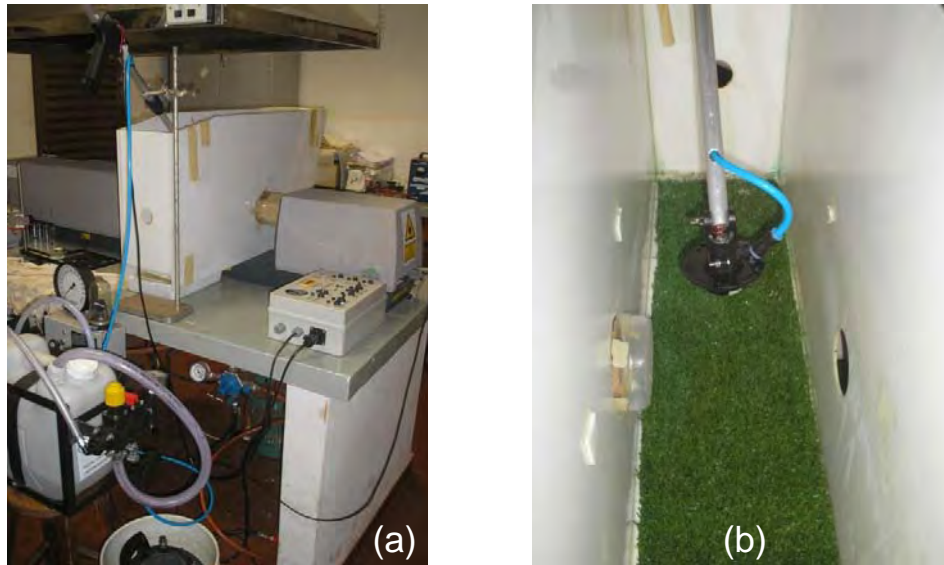


Figura 7. Detalhe do posicionamento do pulverizador em relação equipamento de leitura (a) e detalhe do bico em relação ao laser (b).

A pressão utilizada nos bicos hidráulicos foi a mesma do campo (200 kPa), promovida por meio de um pulverizador pressurizado a ar comprimido (pressão constante). No bico rotativo a pressão, a mesma do campo (20 kPa), foi mantida pelo pulverizador semi-estacionário com bomba de diafragma.

Foram analisados o diâmetro mediano volumétrico ($Dv_{0,5}$), diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho maior ou menor que esse valor (MATUO, 1990), o coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.) e a porcentagem do volume em gotas menores que 100 μm , entre 100 e 250 μm e entre 130 e 190 μm , para desta forma determinar a quantidade de gotas susceptíveis à deriva.

2.3 Delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado a campo foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 3x4+1 (bicos XR11001, TT11001 e Ecos x óleo vegetal, óleo mineral e nonilfenol + tetsemunha aplicada TT11002), totalizando 13 tratamentos em quatro repetições. As parcelas foram de 10 metros de comprimento por 5,4 de largura (6 linhas

de semeadura) sendo considerada como parcela útil as duas linhas centrais de cada parcela. No laboratório foram utilizados os mesmo tratamentos com delineamento inteiramente casualizado.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.

Os dados da análise de variância para cobertura dos papéis hidrossensíveis são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de variância para os dados originais de cobertura (em %) da calda inseticida no papel hidrossensível em três posições do dossel da planta e relação entre os terços superior e inferior. Jaboticabal – SP, 2009.

	Superior	Médio	Inferior	Sup/Inf
Bico ⁽¹⁾				
Ecos	7,30 a	1,69 a	0,57 a	12,81
TT11001	9,74 a	1,26 a	0,44 a	22,36
XR11001	9,54 a	1,44 a	0,52 a	18,35
Testemunha (TT11002) ⁽²⁾	39,51	7,47	0,50	79,02
DMS	4,8	2,01	0,33	
Calda				
endosulfan	9,19 a	1,43 a	0,44 a	20,89
endosulfan + óleo vegetal	10,26 a	1,55 a	0,52 a	19,73
endosulfan + óleo mineral	7,99 a	1,94 a	0,47 a	17,00
endosulfan + nonilfenol	8,09 a	0,93 a	0,61 a	13,26
DMS	6,12	2,56	0,42	
Test. x Fatorial	111,62 **	24,39 **	0,00 ^{ns}	
C.V. (%)	49,57	121,06	74,48	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. C.V.: coeficiente de variação (%). (1) 40 L.ha⁻¹; (2) 150 L.ha⁻¹

Pode-se observar que para todos os terços do dossel da cultura não houve diferença significativa da cobertura nos papéis hidrossensíveis para nos fatores

avaliados (tipo e modelos de bicos e caldas), assim como também não houve na interação entre esses fatores. Para os terços, médio e superior houve diferença entre a testemunha com aplicação de 150 L.ha⁻¹ e os fatores, o que mostra a influência do aumento do volume de aplicação na cobertura em estes dois terços da planta. Isto pode ser pelo aumento de volume de aplicação, explicado pela fórmula proposta por COURSHÉE (1967), $C = 15(VRK^2)/(AD)$, que envolve fatores como volume de aplicação (V), diâmetro de gotas (D), superfície vegetal existente na área (A), taxa de recuperação (R) e o fator de espalhamento de gotas (K), desta forma espera-se que com aumento do volume de aplicação ocorra aumento da cobertura.

No terço inferior, o aumento do volume de aplicação (testemunha) não influenciou a cobertura da cultura pela calda inseticida, o que pode estar relacionado diretamente ao diâmetro de gotas, onde mesmo com aumento do volume de aplicação não houve incremento suficiente da superfície coberta. O efeito de sombreamento ou “guarda-chuva” provocado pelas folhas dos terços superior e médio influenciou este resultado, pois configuram barreira de difícil transposição às gotas em aplicações convencionais, conforme relatado por ROMÁN et al., (2009a). Diversos trabalhos têm avaliado a angulação dos bicos na barra para verificar se há melhoria na penetração da calda (BAUER & RAETANO, 2004; PANISSON et al., 2004). Neste sentido, o bico rotativo Ecos poderia resultar em melhoria na cobertura dos terços médio e inferior, devido à direção de lançamento das gotas. Porém, isto não foi constatado estatisticamente.

Quando se analisa a relação da cobertura entre o terço superior e inferior, com finalidade de constatar a uniformidade da pulverização no dossel, pode-se observar que a menor relação foi obtida pelo bico Ecos, devido à uniformidade de gotas que este modelo apresenta. Entre os bicos hidráulicos pode-se observar que o modelo XR11001 apresentou a menor relação, mostrando que teve maior capacidade de penetração no dossel, possivelmente por ser caracterizado como bico com gotas finas, em que, aquelas gotas que não foram arrastadas pelo vento ou perdidas por evaporação conseguiram chegar até a superfície das folhas inferiores. Na relação da cobertura

entre terços para o fator caldas pode-se observar que a calda com adição de nonilfenol obteve a maior uniformidade.

3.2. Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.

Os resultados da análise de variância para os dados da deposição de caldas inseticidas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Deposição de inseticida em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ nos três terços da planta da cultura do algodoeiro e relação entre os terços superior e inferior. Jaboticabal – SP, 2009.

	Superior	Médio	Inferior	Sup/Inf
Bico ⁽¹⁾				
Ecos	0,50 a	0,51 a	0,30 a	1,67
TT11001	0,28 b	0,32 b	0,21 b	1,33
XR11001	0,35 ab	0,44 ab	0,19 b	1,84
Testemunha (TT11002) ⁽²⁾	1,23	0,85	0,41	3,00
DMS	1,16	0,15	0,06	
Calda				
Endosulfan	0,34 a	0,44 a	0,23 a	1,48
endosulfan + óleo vegetal	0,41 a	0,46 a	0,21 a	1,95
endosulfan + óleo mineral	0,36 a	0,36 a	0,23 a	1,57
endosulfan + nonilfenol	0,39 a	0,44 a	0,26 a	1,50
DMS	0,21	0,19	0,08	
Test x Fatorial	77,64**	21,22**	20,85**	
C.V. (%)	42,63	38,59	30,34	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. C.V.: coeficiente de variação (%).(1) 40 L.ha⁻¹; (2) 150 L.ha⁻¹

Para os três terços analisados verificou-se que houve diferença significativa entre as médias de deposição em relação aos bicos de pulverização, e que não houve diferenças entre as caldas (Tabela 2). Para o terço superior e médio pode-se observar diferença significativa entre o bico rotativo e o bico TT11001, que apresentou os menores depósitos. Não houve diferença nos depósitos entre o bico rotativo Ecos e o modelo XR11001, possivelmente devido ao espectro de gotas, conforme é discutido posteriormente neste trabalho. A testemunha, que recebeu volume aproximadamente

quatro vezes maior, apresentou diferença significativa de deposição, o que mostra a influência do aumento do volume de aplicação no aumento dos depósitos de calda. Fato já relatado por COURSHÉE (1967), que explica o aumento de cobertura do alvo em função do aumento do volume de aplicação. Para o terço inferior pode-se observar maiores depósitos para o bico rotativo, diferindo significativamente dos bicos hidráulicos. Este fato pode ser explicado pela homogeneidade do espectro de gotas que o bico rotativo é capaz de propiciar, fazendo com que as gotas tenham menores perdas e desta forma consigam atingir o alvo e ao ângulo de ataque que o bico rotativo apresenta, já que ao apresentar angulação a penetração no dossel pode ser favorecida. Outro fator que pode ser levado em consideração é o ângulo de lançamento das gotas, que poderia resultar em maiores deposições pelo bico rotativo. DI OLIVEIRA (2008) em trabalho realizado com redução de volume de aplicação observou que não houve diferença nos valores de produto depositado.

Para o bico rotativo quando se observam os valores de cobertura pelas gotas aspergidas (Tabela 1) e se comparam com os valores da deposição do inseticida (Tabela 2) pode-se observar que não há correlação entre eles. Na cobertura, pode-se observar no terço superior e médio, que o terço médio é aproximadamente sete vezes menor em relação ao terço superior. Quando se analisa a deposição pode-se observar que o terço médio apresenta valores maiores em relação ao terço superior. Este fato pode ser devido ao bico rotativo apresentar uma estrutura protetora, onde as gotas se chocavam causando uma lâmina de líquido com escorrimento. Desta forma, pode ter ocorrido uma redistribuição da calda para o terço médio sendo resultado da lâmina líquida e não da deposição direta das gotas. Ainda quando se compara a cobertura com a deposição no terço superior, pode-se observar que na cobertura os bicos hidráulicos apresentaram maiores valores. Já na deposição isto não ocorre. Este fato pode ser explicado pela concentração do produto na análise de deposição, em que, um eventual escorrimento de gotas maiores superestimou os resultados. Outra hipótese para explicar a maior diferença entre os terços para a cobertura em relação à deposição é em relação ao fator de espalhamento das gotas no papel hidrossensível que pode ter sido modificado em função das características das caldas. Desta forma, recomenda-se

que a peça de proteção do bico rotativo seja retirada, já que causa escorrimento que pode ocasionar, além de interferência na distribuição volumétrica, perda de produto e contaminação ambiental.

Quando se analisa a relação da deposição entre os terços superior e inferior pode-se observar que os tratamentos com menor volumes (Ecos, TT11001 e XR11001) obtiveram maior uniformidade de distribuição no dossel quando comparados à testemunha aplicada com volume de 150 L.ha⁻¹. Para o fator caldas as caldas sem adjuvante e com adição de nonilfenol obtiveram a melhor uniformidade de deposição no dossel da planta de algodão.

Para o fator calda não foi observada diferença significativa. No terço inferior houve interação entre os fatores. Os valores das médias são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Desdobramento da interação bico x calda no depósito de calda inseticida ($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$) para o terço inferior do dossel da planta de algodoeiro. Jaboticabal-SP, 2009.

Tipo de Bico	Caldas ¹				Teste F
	endosulfan	e. + o.v	e. + o.m	e. + n.	
Ecos	0,38 Aa	0,25 Aab	0,35 Aab	0,22 Ab	4,40**
TT11001	0,11 Bb	0,19 Aab	0,14 Bb	0,33 Aa	6,35**
XR11001	0,20 Ba	0,21 Aa	0,20 Ba	0,24 Aa	0,34 ^{ns}
Teste F	13,09**	0,66 ^{ns}	8,34**	2,36 ^{ns}	

¹ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. e.= Endosulfan; o.v= óleo vegetal; o.m= óleo mineral; n.= nonilfenol.

Para o bico rotativo pode-se observar que houve diferença significativa apenas entre a calda sem adjuvante e a calda com adição de nonilfenol, tendo este último apresentado os menores depósitos (Tabela 3). Para o bico TT11001 os maiores depósitos foram com adição de nonilfenol, este diferindo das caldas com adição de óleo mineral e a calda sem adição de adjuvante. Para o bico XR11001 não foi observada diferença estatística entre as caldas. Estes resultados podem ser explicados pela diferença na formação das gotas. São apresentados bicos que utilizam a energia centrífuga (bico rotativo) e hidráulica (TT e XR) para formar as gotas. Mesmo para os modelos de energia hidráulica, há diferença entre modelos, pois num deles a gota é

formada em decorrência do choque com o ar da calda aspergida diretamente pelo orifício de saída do bico, enquanto no outro modelo há deflexão do jato antes deste ser lançado ao ar para a formação das gotas. SCHEER et al. (2008) já haviam verificado resultados semelhantes para os modelos DG11002 e TT11002.

Na observação dos resultados de tratamentos do fator caldas em função de bicos pode-se observar que o bico rotativo Ecos resultou nos maiores depósitos nas caldas de endosulfan e endosulfan + óleo mineral. Quando adicionado óleo vegetal e nonilfenol às caldas não ocorreu diferença significativa.

Em relação à uniformidade da deposição nos três terços da planta observa-se que os volumes de 40 L.ha⁻¹ apresentaram a melhor uniformidade, com valores de depósito muito próximos nos terços da planta (Figura 8). O volume de aplicação de 150 L.ha⁻¹ apresentou maior deposição no terço superior e no médio. Porém no terço inferior observa-se depósitos de calda muito próximos dos volumes de 40 L.ha⁻¹, o que mostra a dificuldade da penetração no dossel da cultura inclusive com volume de aplicação de aproximadamente quatro vezes maior.

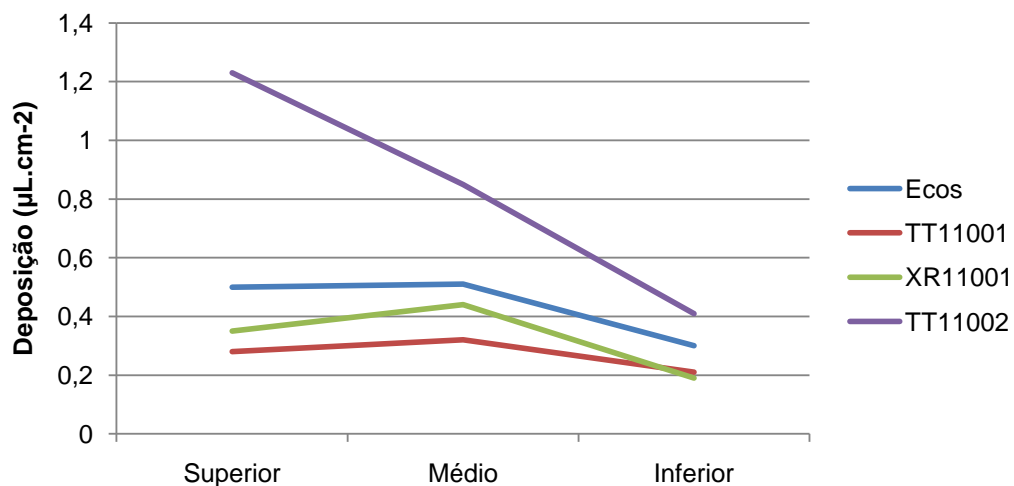


Figura 8. Distribuição das gotas com as caldas inseticidas depositadas nos terços superior, medio e inferior das plantas de algodão. Jaboticabal-SP, 2009.

3.3. Determinação do tamanho de gotas.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de tamanho de gotas.

Tabela 4. Análise de variância para as medias dos parâmetros Diâmetro mediano volumétrico ($Dv_{0,5}$), Coeficiente de uniformidade (Coef. Unif), Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\%<100$), gotas úteis entre 100 e 250 μm ($100<\%>250$) e gotas úteis entre 130 e 190 μm ($130<\%>190$).

	$Dv_{0,5}$	Coef. Unif	$\%<100$	$100<\%>250$	$130<\%>190$
Bicos (B)					
Ecos	156 b	0,77 c	07 c	87 a	48 a
TT11001	187 a	1,41 a	15 b	55 c	24 c
XR11001	132 c	1,18 b	28 a	66 b	31 b
Testemunha	190	1,46	14	54	23
DMS	4,13	0,04	1,69	1,76	1,51
Caldas (C)					
endosulfan	157 ab	1,17 a	18 a	67,59 b	32,06 b
end. + o. vegetal	157 ab	1,12 ab	17 ab	69,93 a	34,43 a
end. + o. mineral	162 a	1,10 b	15 b	71,02 a	36,21 a
end. + nonilfenol	156 b	1,10 b	16 ab	71,25 a	36,23 a
DMS	5,26	0,05	2,16	2,24	1,92
Test x Fatorial	167,84 ^{**}	181,57 ^{**}	6,60 ^{**}	210,06 ^{**}	157,19 ^{**}
C.V. (%)	2,52	3,69	9,98	2,52	4,38

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação

Para o parâmetro $Dv_{0,5}$, no fator bicos pode-se observar que houve diferença significativa. O maior valor foi para o bico TT11001, devido à forma de produção de gotas que este modelo proporciona, em que, as gotas são formadas por impacto. O líquido ao se chocar num plano inclinado faz o rompimento da lâmina, abertura do jato e consequentemente a formação das gotas (MATUO, 1990). Pode-se observar que a testemunha (TT11002) resultou em diferença significativa no fator bicos, mesmo apresentando um tamanho de gota similar ao do modelo TT11001. Em relação ao bico rotativo Ecos, pode-se observar que apresentou diâmetro mediano de volumétrico

inferior ao TT11001, resultado que corrobora com DI OLIVEIRA (2008) em que, avaliando o espectro de gotas com bicos hidráulicos (TT11001) e rotativos, observou maior diâmetro mediano volumétrico para o bico TT11001 quando comparado com um rotativo.

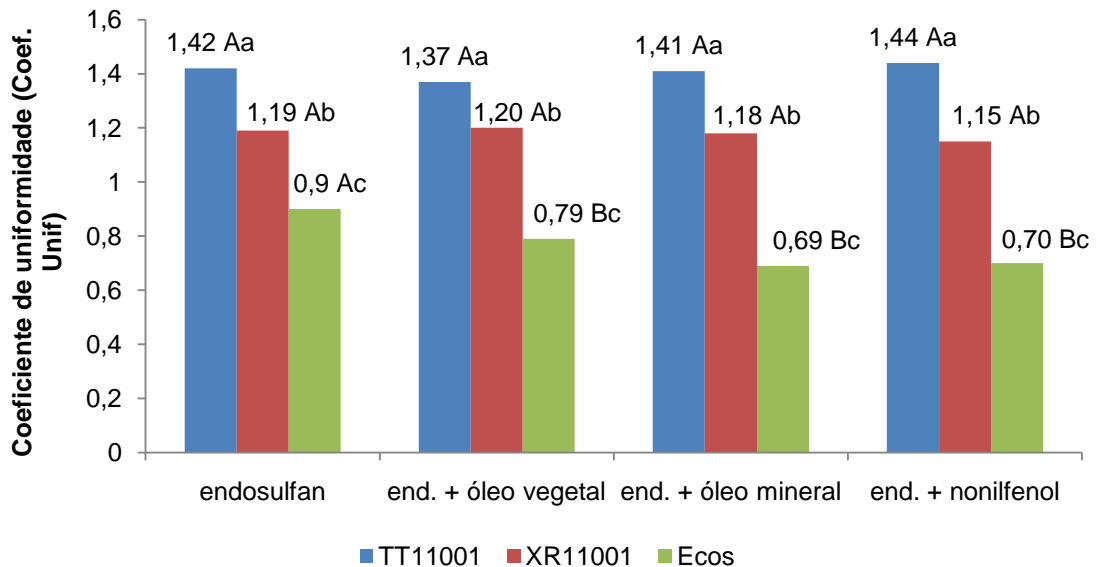
Em relação ao bico XR11001, este apresentou o menor tamanho de gota, isto dado a que além de ser um bico com formação de gota convencional, o orifício de saída é muito pequeno, devido à baixa vazão, fazendo com o que o tamanho das gotas diminua.

Para o fator caldas, pode-se observar que houve diferença significativa apenas entre os dois extremos de tamanho de gota, sendo o maior da calda com adição de óleo mineral e o menor com nonilfenol. Ainda não existem conclusões definidas sobre o porquê deste comportamento, sobretudo para modelos de energia hidráulica. Há uma hipótese sobre a viscosidade do líquido, aplicada apenas para bicos rotativos, e pode ser explicada pela fórmula de WALTON & PREWETT (1949), na qual a densidade é fator importante na formação das gotas pela energia centrífuga, descrevendo em modelo matemático que quanto menor a densidade maior será o diâmetro das gotas.

Em relação ao coeficiente de uniformidade, que se refere à uniformidade do espectro de gotas, quanto mais próximo de zero for o valor, mais uniforme é o espectro. Pode-se observar para o fator bicos que o bico rotativo Ecos apresentou a melhor uniformidade do espectro, diferindo significativamente dos dois modelos de bico hidráulico. Este fato é dado pela forma de produção de gotas deste bico, sendo a energia centrífuga a responsável pelo rompimento do líquido. DI OLIVEIRA et al. (2010), utilizando bico rotativo com calda a base de endosulfan, obteve um valor de 0,73 de coeficiente de uniformidade, sendo este também significativamente diferente do bico hidráulico. Esta uniformidade no espectro de gotas é refletida nos resultados de cobertura e deposição (Tabelas 1 e 2). Pode-se observar que nos terços médio e inferior onde há a maior dificuldade para penetração das gotas, o bico rotativo obteve diferença significativa em relação aos modelos de energia hidráulica.

Para o fator caldas pode-se observar que a adição do adjuvante melhora a uniformidade do espectro de gotas. Este fato é dado pela ação física que gera o

adjuvante à calda, sendo esta característica relevante para formação de gotas por energia centrífuga (Figura 9).

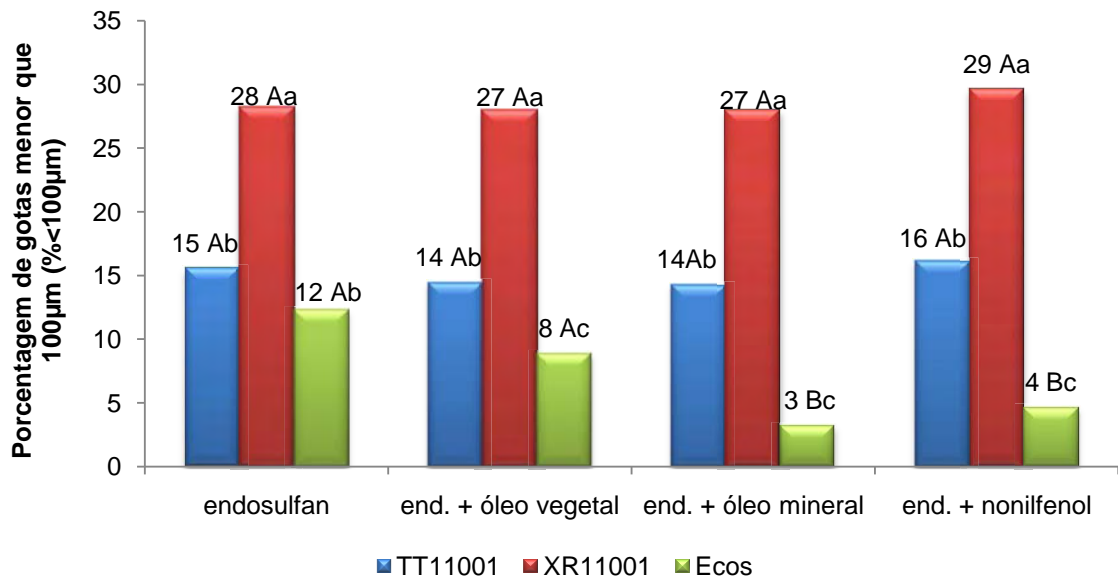


Letras maiúsculas iguais entre caldas e minúsculas entre bicos não diferem pelos teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 9. Média do desdobramento da interação significativa entre bicos e caldas para o parâmetro coeficiente de uniformidade (Coef. Unif).

Quando se comparam os diferentes modelos de bicos em cada calda pode-se observar o mesmo comportamento. O bico rotativo Ecos resultou na melhor uniformidade de gotas. Da análise de cada bico em função da calda pode-se observar que para os bicos hidráulicos não há diferença significativa com a adição de adjuvante. Já para o bico rotativo houve diferença significativa do inseticida isolado e com adição de adjuvante, o que mostra que as propriedades físicas da calda, principalmente a viscosidade, são fatores importantes na formação e uniformidade das gotas, onde as caldas com adição de óleo mineral e nonilfenol tem efeito maior na viscosidade e tensão superficial da calda, fazendo com a uniformidade seja incrementada.

Para o parâmetro porcentagem de gotas menor que 100 μm ($\%<100$) (Tabela 4), que se refere à susceptibilidade das gotas ao arraste por deriva, pode-se observar para o fator bicos que a uniformidade do espectro de gotas é diretamente relacionada à deriva, ou seja, o espectro de gotas produzidas pelo bico rotativo diferiu significativamente dos bicos hidráulicos com porcentagem de gotas menores que 100 μm considerada baixa. Inclusive o bico TT11001 mesmo com $Dv_{0,5}$ maior, resultou em maior porcentagem de gotas menores que 100 μm , o que mostra a importância da uniformidade do espectro. Já o bico XR11001, por apresentar o menor $Dv_{0,5}$ obteve a maior porcentagem de gotas susceptíveis a deriva. Já para o fator caldas pode-se observar que a calda com adição de óleo mineral apresentou a menor suscetibilidade a deriva. Na Figura 10, pode-se observar o desdobramento da interação para este parâmetro.

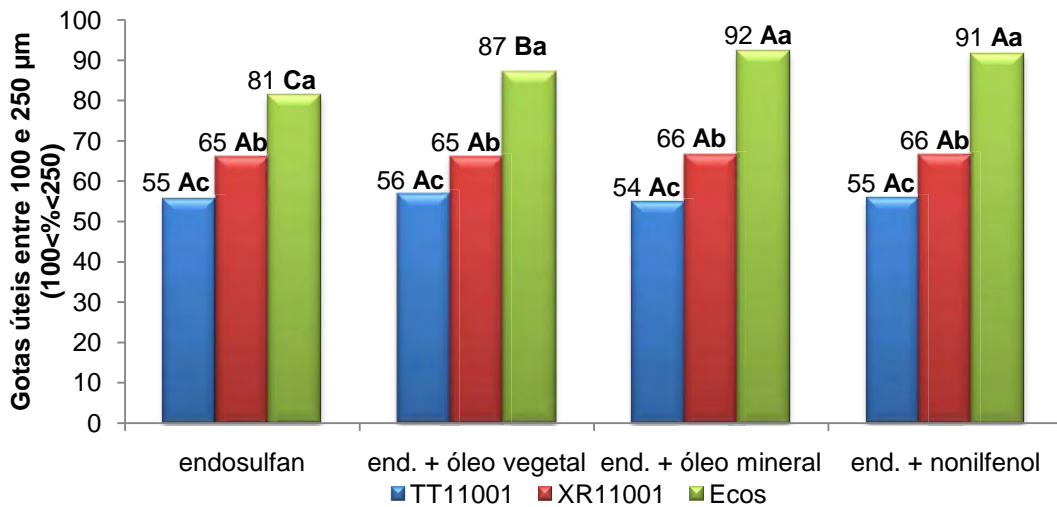


Letras maiúsculas iguais entre caldas e minúsculas entre bicos não diferem pelos teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 10. Média do desdobramento da interação significativa entre bicos e caldas para o parâmetro porcentagem de gotas menor que 100 μm ($\%<100$).

Para a calda inseticida sem adição de adjuvante pode-se observar que houve diferença significativa do bico rotativo e TT11001 para o bico XR11001, sendo que o bico XR11001 apresentou as maiores porcentagens de gotas menores que 100 μm . Quando há adição de adjuvante às caldas observa-se a redução da porcentagem de gotas susceptíveis a deriva pelo bico rotativo, apresentando diferença significativa para ambos os bicos hidráulicos. ROMAN et al., (2009b) avaliando o efeito da adição de óleo vegetal e mineral à calda pulverizada por bicos Turbo Teejet, observaram que com adição destes adjuvantes houve redução da porcentagem de gotas menores que 100 μm .

Levando em consideração o maior tamanho de gota obtido pelo bico TT11001, estipulou-se uma faixa de gotas úteis (100 a 250 μm), isto mostra o quanto seria aproveitado pelo bico. Pode-se observar que a maior porcentagem de aproveitamento é para o bico rotativo (Tabela 4), diferindo significativamente dos bicos hidráulicos. Quando se comparam os dois modelos de bicos hidráulicos pode-se observar que mesmo o TT11001 tendo um DMV maior que o XR11001 apresentou menor porcentagem de gotas úteis, este fato é explicado pela uniformidade de gotas, sendo que o XR11001 apresentou maior uniformidade e conseqüentemente maior aproveitamento em relação ao TT11001 (Tabela 4). Para o fator caldas é observado que há diferença significativa para as caldas com acréscimo de adjuvante. O desdobramento para este parâmetro é apresentado na Figura 11.



Letras maiúsculas iguais entre caldas e minúsculas entre bicos não diferem pelos teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 11. Média do desdobramento da interação significativa entre bicos e caldas para o parâmetro gotas úteis entre 100 e 250 μm ($100 < \mu < 250$).

Neste desdobramento pode-se observar que quando se comparam os bicos, independentemente da calda utilizada o bico rotativo apresenta a maior porcentagem de gotas úteis (Figura 11). Para os bicos hidráulicos a adição de adjuvante não alterou a porcentagem, já para o bico rotativo a adição de adjuvante a base de óleo vegetal aumentou a porcentagem das gotas úteis em 6%, já as caldas a base de óleo mineral e nonilfenol 11 e 10% respectivamente. As caldas base de óleo mineral e nonilfenol também apresentaram diferenças significativas em relação à calda com adição de óleo vegetal, sendo estas as que apresentaram maior porcentagem de gotas úteis, o que pode ser um indicativo que caldas a base de óleo mineral e nonilfenol têm maior potencial de ação sobre a tensão superficial do líquido, aumentando o a uniformidade do espectro (Figura 9), conseqüentemente obtendo maior porcentagem de gotas úteis.

Com a finalidade de estreitar a margem de gotas úteis, estipulou-se a amplitude de gotas entre 130 e 190 μm . Na Tabela 4, pode-se observar para o fator bicos e para o fator caldas o mesmo comportamento obtido do parâmetro $100 < \mu < 250$, o que demonstra que ainda estreitando a amplitude de gotas úteis o bico rotativo

apresenta maior porcentagem de gotas úteis, assim como a adição de adjuvante, em especial óleo mineral e nonilfenol.

A menor porcentagem de gotas úteis foi verificada para o modelo TT11001. Estes resultados contribuem para explicar a distribuição da calda pela planta, principalmente na comparação entre os modelos de energia hidráulica, pois corrobora com as melhores distribuições da calda verificadas para o modelo XR11001, em relação ao TT11001 (Tabela 1).

4. CONCLUSÃO

- Na aplicação de caldas inseticidas com volume de 40 L.ha⁻¹, o bico rotativo de energia centrífuga apresentou maiores depósitos em relação aos bicos de energia hidráulica;
- A adição de adjuvantes alterou os depósitos de calda inseticida nos três terços da cultura para o bico rotativo e para o TT11001;
- A utilização de volume de aplicação de 150 L.ha⁻¹ com bico hidráulico obteve melhor cobertura nos terços superior e médio quando comparado com bicos de energia tanto centrífuga como hidráulica trabalhando em baixo volume;
- O bico rotativo com adição de adjuvante proporciona a melhor uniformidade de gotas consequentemente menor susceptibilidade a deriva e maior porcentagem de gotas úteis.

REFERÊNCIAS

AGUILLERA, L.A.; BOTTAN, J.A. Avaliação de inseticidas para o controle do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Campo Verde, 2005.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzidas pelas pontas pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

BUTLER ELLIS, M.C. TUCK, C.R.; MILLER, P.C.H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, v.16, p.41-50, 1997.

COURSHEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, v.5, p.327-52, 1967.

CRUZ, V. R.; PASSOS, S. M. do G. Algodão. 2003. Disponível em <http://www.agrocasa.com.br/Arquivos_culturas/Culturas/ALGOD%C3O.htm>. Acesso em 4 de maio. 2009.

DI OLIVEIRA, J.R.G. **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante**. 2008. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP – Universidade Estadual Paulista Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2008

DI OLIVEIRA, J.R.G.; FERREIRA, M.C.; ROMAN, R.A.A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*, **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p. 92-99. 2010

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, C.T. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, v.13, p.765-70, 1999.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural pesticide sprays**, v.2, p.62, 1998.

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**, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, M.C.; IAMAMOTO, M.M.; ROCHA, F.G.F.; LOST, C.A.R.; LEITE, G.J.
Cobertura da cultura do algodoeiro por caldas fungicidas aplicadas com pulverizadores de pressão constante (CO₂) e com bico rotativo, avaliada com papel sensível a água.
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2005, Uberlândia. **Anais...**
Uberlândia: Esphera, 2005. CD-ROM.

LAGUNA, A. Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 361 p., 2000.

MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T. Avaliação de um amostrador para estudo da exposição dérmica de aplicadores de defensivos agrícolas. **Ciência Agrônômica**, v.4, n.2, p.22, 1989.

MATUO, T. Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Jaboticabal: Funep, 1990. 139p.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, v. 19, p. 609-615, 2000.

MONSANTO DO BRASIL. Cultivares transgênicas: Deltapine/MDM - Sementes de Algodão. [S.l.], 2007. 2p. Folder

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E M. Avaliação da deposição de calda em anteras de trigo, para o estudo do controle químico de giberela (*Gibberella zeae*). **Engenharia Agrícola**. v.24, n.1, p. 111-120. 2004

RODRIGUES, G.J. **Crítérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ROMAN, R.A.A.; CORTEZ, J.W.; FERREIRA, M.C.; DI OLIVEIRA, J.R.G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 223-232, 2009 (a).

ROMAN, R.A.A.; FERREIRA, M.C.; CARVALHO, G.F.G; LEMOS, R.E; MENDONÇA, L.G. Caracterização do tamanho de gotas de pontas de pulverização Turbo Teejet em função de vazão, pressão de trabalho e adjuvante. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2009, **Anais...** Juazeiro/Petrolina –BA/PE, 2009 (b).

SCHEER, O.; FERREIRA, M.C.; DI OLIVEIRA, J.R.G.; FRIGERI, T. Avaliação do diâmetro de gotas geradas por pontas de energia Hidráulicos na aplicação de dois herbicidas com e sem Adjuvante. In: Iv Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. Ribeirão Preto, **Anais...IV SINTAG**. 2008.

WALTON, W.H.; PREWETT, W.C. Atomization by spinning discs. **Proceedings of Physical Society**, v. 62, p. 341-350, 1949.

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE GOTAS GERADAS POR BICOS ROTATIVOS NA COBERTURA, DEPOSIÇÃO E CONTROLE DE *Anthonomus grandis* NA CULTURA DO ALGODOEIRO

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi determinar a influência do espectro de gotas produzidas por bicos rotativos com e sem adição de óleo vegetal na cobertura, deposição, produtividade e controle do bicudo-do-algodoeiro. Na Fazenda Experimental da UNESP, Câmpus de Jaboticabal foram realizadas as avaliações de cobertura, deposição, controle e produtividade. Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso com esquema fatorial 2x2+2, sendo dois modelos de bicos rotativos (Turbotrator e ECOS), duas caldas (endossulfan e endossulfan + óleo vegetal) com volume de aplicação de 40 L.ha⁻¹, uma testemunha aplicada com calda a base de endossulfan com volume aplicação de 150 L.ha⁻¹, com bico TT11002 e uma testemunha sem aplicação. Para a avaliação de cobertura foram utilizados papéis hidrossensíveis. Para a avaliação de deposição foi extraído o marcador manganês das folhas, quantificado em espectrofotometria de absorção atômica. Para o controle foram avaliados 20 botões florais por parcela. Para a produtividade foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela. A avaliação do tamanho de gotas foi realizada no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas. Os mesmos tratamentos utilizados a campo foram repetidos no laboratório apenas diferenciando o delineamento experimental, onde foi utilizado um inteiramente casualizado. De acordo com os resultados pode-se concluir que as melhores características de tamanho de gotas do bico Turbotrator não influenciaram no controle do bicudo-do-algodoeiro e na produtividade final, o acréscimo de óleo vegetal foi importante para os melhores resultados dos bicos rotativos é são necessários novos estudos com bicos rotativos para aprimorar a sua aplicação na agricultura brasileira, a utilização de volumes de aplicação de 150 L.ha⁻¹ na testemunha aplicada não resultou em maior controle do bicudo-do-algodoeiro e produtividade da cultura.

Palavras-Chave: Pulverização, CDA, algodão, controle químico, óleo vegetal, endosulfan

SUMMARY - The aim of this study was to determine the influence of the droplet spectrum by spinning disc atomizers with and without addition of vegetable oil in coverage, deposition, productivity and control of the boll weevil. In the experimental farm of UNESP of Jaboticabal, evaluations were made of coverage, deposition, control and productivity. Experimental design was used in blocks in a factorial 2x2 +2, two models of spinning atomizers (Turbotrator and ECOS), two spray liquids (endosulfan and endosulfan + vegetable oil) with application volume of 40 L.ha⁻¹, a witness applied with endosulfan with spray volume application of 150 L.ha⁻¹, with TT11002 nozzle and a witness without spraying. For the evaluation of coverage were used hydrosensitive papers. For the evaluation of the tracer deposition was extracted manganese from leaves, quantified by atomic absorption spectrophotometry. For control was evaluated 20 buds per plot. To productivity were harvested two central rows of each plot. The evaluation of the droplet size was performed at the Laboratory for Particle Size Analysis. The same treatments were repeated in laboratory experiment, where we used a randomized design. According to the results we can conclude that the best features of droplet size nozzle Turbotrator not influence the control of boll weevil and final production, the addition of vegetable oil was important for best results of atomizers and is further studies are needed with rotary nozzles to improve its application in brazilian agriculture, the use of spray volumes of 150 L.ha⁻¹ applied in the control did not result in greater control of the boll weevil and cotton production.

Keywords: Spray, CDA, cotton crop, chemical control, veget oil, endosulfan

1. INTRODUÇÃO

Várias pulverizações de produtos fitossanitários são necessárias durante todo o ciclo da cultura do algodão para controlar seus problemas fitossanitários (SCRAMIN et al., 2002), principalmente quando se trata do bicudo-do-algodoeiro, já que esta espécie é considerada a praga mais importante da cultura (VENTURA & NAVES, 1995) por apresentar a maior necessidade de controle (BUSOLI et al., 2004). Neste contexto a pulverização é a ferramenta mais utilizada a campo para o controle desta praga.

Nos principais pólos de produção desta cultura vem se observando que são utilizados volumes de aplicação superiores a 150 L.ha^{-1} com utilização de bicos hidráulicos. A redução do volume de aplicação, quando utilizada com a tecnologia adequada deverá resultar em aumento da capacidade de campo operacional, refletindo diretamente na diminuição dos custos da aplicação (FERREIRA et al., 1999). Para este fim, a utilização de bicos de energia centrífuga, mais conhecidos como bicos rotativos são os equipamentos mais indicados, principalmente porque são caracterizados por trabalharem com volumes abaixo de 50 L.ha^{-1} e com espectro de gotas uniformes (WALTON & PREWETT, 1949).

O princípio de funcionamento de bicos de energia centrífuga baseia-se na disposição da calda sob baixa pressão, sobre um dispositivo giratório com baixas ou altas rotações (RUAS et al., 2009). BALS (1978) também indica que os bicos rotativos têm a vantagem de poder alterar a rotação dos dispositivos e que podem gerar um espectro de gotas mais uniforme quando comparado a bicos hidráulicos.

Em bicos rotativos as características físicas das caldas influenciam de maneira significativa o espectro das gotas pulverizadas (WALTON & PREWETT, 1949). DERKSEN & BODE (1986) avaliaram o diâmetro mediano volumétrico e o coeficiente de uniformidade do espectro e concluíram que as caldas com adição de óleo vegetal apresentaram menor risco de deriva devido à maior uniformidade no espectro das gotas. Desta forma o objetivo do trabalho foi determinar a influência do espectro de gotas por bicos rotativos com e sem adição de óleo vegetal na cobertura, deposição, produtividade e controle do bicudo-do-algodoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Experimento a campo.

O experimento foi realizado em área do Departamento de Fitossanidade da UNESP, Campus de Jaboticabal, na safra 2009/10. A cultivar de algodoeiro utilizada foi a Nuopal, que apresenta como característica a transgenia para resistência à *Alabama argillacea*, *Heliothis virescens* e *Pectinophora gossypiella* (MONSANTO DO BRASIL, 2006), desta forma a utilização da cultivar forneceu o foco no bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*). O ciclo desta cultivar é de 180 dias. Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas para o controle de insetos e fungos de solo. Foi utilizado o fungicida thiram (Mayran) na dosagem de 400 g/100 kg de semente e inseticida tiametoxan (Cruiser) na dosagem de 500 mL/100 kg de semente.

A área experimental foi preparada pelo sistema de semeadura convencional, onde previamente ao preparo do solo foi realizada a operação de subsolagem para posteriormente realizar uma gradagem pesada e duas gradagens leves. Antes da operação de gradagem leve foi aplicado o herbicida trifluralina na dosagem de 2,4 L.ha⁻¹ com volume de aplicação de 200 L.ha⁻¹, com a finalidade de controlar plantas daninhas de folha estreita. A semeadura da cultivar foi realizada no dia 10 de Dezembro de 2009 com utilização de semeadora Jummil Exacta 2640 SD com configuração para semeadura convencional utilizando duas linhas de semadura espaçadas em 0,90 m e distribuindo 12 sementes por metro linear de sulco, tracionada por um trator Massey Ferguson 620 com potência de 77 kW (105 cv) com tração 4x2 TDA. Após a semeadura e emergência das plantas de algodão foi aplicado o herbicida diuron (Karmex) na dosagem de 1,5 kg.ha⁻¹ em jato dirigido com utilização de um pulverizador costal manual aplicando volume de 90 L.ha⁻¹ com finalidade de controlar plantas daninhas de folha larga. Posteriormente foi aplicado em área total o herbicida fluazifop-butyl (Fusilade) com volume de 200 L.ha⁻¹, com finalidade de controlar plantas daninhas remanescentes de folha estreita. O alto uso dos herbicidas foi devido à infestação de

plantas daninhas que foi observada na safra 2008/2009, em que, a alta população interferiu tanto na produtividade como na manipulação da área experimental.

2.1.1. Aplicação dos tratamentos.

Previamente às aplicações foi realizado monitoramento da área experimental para verificar o nível de infestação do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Quando o nível de controle foi atingido (10%) foram realizadas três aplicações de inseticida visando o controle da praga. As datas e condições meteorológicas de cada aplicação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Data, fenologia e condições meteorológicas das aplicações dos tratamentos para controle do bicudo-do-algodoeiro com bicos de pulverização de energia centrífuga.

Aplicação	Fenologia	Data	Condições meteorológicas		
			U.R (%)	Temp. (C°)	Vento (km.h ⁻¹)
Primeira	B7	24/02/2010	52-59	24-27	2-4
Segunda	F5	02/03/2010	77-80	28-29	4-5
Terceira	FC	11/03/2010	52-54	30-32	5-10

U.R= Umidade relativa; Temp= temperatura

Para deslocamento do conjunto trator-pulverizador foi utilizado um trator modelo Ford 4610 com potência de 65 CV e tração 4x2. O pulverizador utilizado para as aplicações de inseticida foi um modelo montado tratorizado fabricado pela K.O Máquinas Agrícolas (Figura 1) com barra de pulverização de 12 m, em que, foi utilizado apenas um lado da barra, já que o trator se deslocou em área fora da parcela. Na estrutura do pulverizador foi anexado um reservatório de 10 L onde foi depositada a calda, a qual foi pressurizada e distribuída ao longo da barra, por meio de CO₂.



Figura 1. Conjunto trator-pulverizador utilizado para aplicação dos tratamentos.

Os bicos de pulverização utilizados nos tratamentos foram de energia centrífuga e na testemunha com aplicação, de energia hidráulica. Foram utilizados dois modelos de bicos de energia centrífuga, sendo um do modelo ECOS da empresa Apoiotec, caracterizado por apresentar um disco rotativo para a formação das gotas. Este modelo trabalhou com rotação de 4250 rpm e vazão $0,165 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, na pressão de 150 kPa aplicando volume de calda de $40 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ na velocidade de deslocamento de $4,74 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os bicos foram espaçados em 0,60 m com angulação de 30° em relação ao plano do solo voltado para trás da barra do pulverizador e 0,20 m em relação ao alvo (Figura 2a). O espaçamento utilizado foi determinado a partir do estudo do perfil de distribuição volumétrica realizado no capítulo 2. O outro modelo de bico centrífugo utilizado foi do modelo TurboTrator® TT-88B da empresa CBB (Centro Brasileiro de Bioaeronáutica), caracterizado por apresentar três discos rotativos para a formação das gotas. A rotação utilizada foi de 5941 rpm, utilizando a posição do controlador de rotação em gotas médias, classificada pelo fabricante. A ponta restritora de vazão foi modelo D2 com difusor 13 com vazão de $0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, operando na pressão de 150 kPa para aplicação

de um volume de 40 L.ha^{-1} , para qual foi utilizada a velocidade de deslocamento do conjunto de $6,43 \text{ km.h}^{-1}$. O espaçamento entre bicos utilizado foi de 1,40 m com angulação de 60° em relação ao plano do solo voltado para atrás da barra do pulverizador e 0,20 m em relação ao alvo, de acordo com as configurações recomendadas pelo fabricante (Figura 2b).

Para a testemunha aplicada, foi utilizado um bico de energia hidráulica modelo TT11002 operando na pressão de 150 kPa com vazão de $0,58 \text{ L.min}^{-1}$ para aplicação de um volume de 150 L.ha^{-1} , com velocidade do conjunto de $4,74 \text{ km.h}^{-1}$. O espaçamento entre bicos na barra foi de 0,5 m com altura de aplicação de 0,5 m em relação ao alvo, configuração comumente verificada quando se utiliza o equipamento equivalente ao deste trabalho (Figura2c).

Para aplicação de cada tratamento, o conjunto de bicos utilizados trabalhou de maneira isolada, para não haver ocorrência de interferência física por outro modelo de bico na projeção do jato.



Figura 2. (A) Bico centrífugo Ecos; (B) Bico centrífugo Turbotrator; (C) Bico Hidráulico TT11002 utilizados para avaliação da cobertura, deposição, tamanho de gotas, controle do bicudo-do-algodoeiro e produtividade do algodão

A escolha do inseticida utilizado foi em função da consulta de literatura e disponibilidade da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção da FCAV-UNESP. Desta forma, as caldas inseticidas utilizadas foram a base de endosulfan, do grupo dos

diclocienoclorados na dosagem de 2 L.ha^{-1} , tendo como variável a adição de óleo vegetal (Veget Oil) na dosagem de 0,5% do volume. Na testemunha aplicada a calda foi apenas com endosulfan.

2.1.2. Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.

Para determinação da cobertura foram utilizados papéis hidrossensíveis posicionados no terço inferior, médio e superior do dossel da cultura, sendo grampeados diretamente sobre as folhas. Após a passagem do pulverizador em cada parcela e nas quatro repetições, os papéis foram retirados e acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição à umidade. Depois de retirados os papéis hidrossensíveis foram levados para o laboratório para serem digitalizados em escâner de mesa, com resolução de 300 dpi. Após a digitalização dos papéis foi utilizado o programa Quant 2002® para quantificação da porcentagem de área coberta pelas gotas. A porcentagem de cobertura das gotas foi quantificada pela área manchada, subtraindo-se da área total demarcada no programa (RODRIGUES, 2005).

2.1.3. Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.

Para verificação da deposição das gotas nas folhas do algodoeiro, foi adicionado às caldas de pulverização o marcador manganês na concentração de 240 g.ha^{-1} para os tratamentos e 900 g.ha^{-1} para a testemunha. A diferença da dosagem do marcador é devido à diferença do volume de aplicação utilizado já que a recomendação é dada por área. Após cada aplicação, foram coletadas em cada parcela duas folhas de cada altura da planta representando o terço inferior, médio e superior, portanto seis folhas por parcela. Estas foram acondicionadas no campo em sacos de plástico identificados que ao chegarem ao laboratório, receberam 150 mL de solução HCl 0,2N e foram mantidas por duas horas em repouso (Figura 3), para que o ácido extraísse o manganês da superfície das folhas (MACHADO-NETO & MATUO, 1989). Posteriormente realizaram-se as filtrações dos extratos que foram encaminhadas ao Laboratório de Ecotoxicologia

e Saúde Ocupacional do Departamento de Fitossanidade da Unesp Campus de Jaboticabal, para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica da modelo GBC 932 AA com lâmpada cátodo oco com corrente de 5,0 mA ajustada para 279,5 nm de comprimento de onda e fenda de 0,2 nm. As folhas mantidas na solução de HCl foram posteriormente lavadas para realização da leitura de área foliar. As leituras foram realizadas no Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas da Universidade Estadual Paulista Câmpus de Jaboticabal com utilização do um leitor de área foliar LICOR modelo LI3000A.

Para obtenção da deposição do marcador manganês em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, as concentrações obtidas das leituras foram transformadas e corrigidas para padronização de concentração e posteriormente correlacionadas às áreas foliares, resultando na quantidade de calda expressa em micrograma de calda por centímetro quadrado de folha.

Com os dados obtidos da deposição também foi realizada a avaliação da uniformidade de deposição entre os três terços da planta.



Figura 3. Processo de extração de HCl para determinação da deposição de gotas nas folhas de algodoeiro.

2.1.4. Controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*).

Para avaliação do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) foram realizadas avaliações aos 3, 5 e 7 dias após cada aplicação. Foi realizada uma avaliação previa antes da primeira aplicação contando-se o número de botões florais danificados (Figura 4) pelo ataque do bicudo em 20 botões florais, conforme metodologia adaptada de SCARPELLINE et al., (2003). As avaliações foram realizadas nas duas linhas centrais de cada parcela prevalecendo as amostragens nos terços superior e médio, já que o bicudo-do-algodoeiro prevalece nesta região da planta (BASTOS et al., 2005). Para a segunda e terceira aplicação foi considerada como avaliação previa a avaliação de 7 DAA da aplicação anterior, já que as aplicações foram a cada sete dias. Para apresentação dos resultados os dados foram transformados para obtenção da porcentagem de botões danificados (VENTURA & NEVES, 1995). Também foi calculada a eficiência (HENDERSON & TILTON, 1955) das diferentes variáveis utilizadas para o controle de *Anthonomus grandis*.



Figura 4. Botão floral de uma planta de algodão com detalhe do orifício de alimentação e oviposição do bicudo-do-algodoeiro.

2.1.5. Avaliação de produtividade da cultura do algodão.

A avaliação da produtividade foi realizada aos 170 Dias após a semeadura, onde, todas as estruturas reprodutivas da planta se encontravam em maturidade plena.

A produtividade foi avaliada por meio da colheita do algodão em caroço das duas linhas centrais de cada parcela. Posteriormente as amostras foram pesadas e os resultados extrapolados para obtenção dos resultados em arrobas por hectare.

2.2. Determinação do tamanho de gotas.

A análise da população de gotas foi realizada no Laboratório de Análise de Partículas (LAPAR), da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, em que, foram analisados os mesmos tratamentos utilizados a campo.

O espectro do diâmetro de gotas produzidas pelos diferentes bicos e caldas de pulverização avaliadas foi determinado de forma direta no analisador de tamanho de partículas em tempo real (Mastersizer S®, versão 2.19), ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm).

O diâmetro das gotas do espectro pulverizado é determinado através do desvio de trajetória sofrido pelos raios de um feixe de laser ao atingi-las. O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999) ou seja, quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (FERNANDES et al., 2007).

Os bicos rotativos foram posicionados de maneira manual a 15 cm do feixe do laser no sentido transversal ao feixe.

As caldas de pulverização foram armazenadas num reservatório com capacidade de 10 L, em que, a calda foi pressurizada por meio de ar comprimido controlado com regulador de pressão de precisão, operado manualmente, munido de manômetro analógico calibrado para a função. As pressões utilizadas foram as mesmas do campo (150 kPa). O acionamento do fluxo de calda foi realizado simultaneamente por meio de interruptor elétrico que comanda a válvula solenoide do circuito hidráulico.

Para o bico hidráulico utilizado como testemunha foram selecionadas ao acaso três pontas em um lote de doze exemplares. Para cada ponta foram realizadas três leituras do espectro de gotas, representando as repetições, em delineamento inteiramente casualizado.

As pontas de pulverização foram posicionadas a 400 mm do feixe de laser para analisar em duas dimensões através do plano horizontal (FAO, 1998). Cada ponta foi instalada em um transportador radial, permitindo que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso em três segundos. Cada leitura do laser é realizada com intervalo de 2 milissegundos. Por conseguinte, são realizadas 500 leituras por segundo.

A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro de partículas por difração de raios laser, foi realizada pelo programa Mastersizer S v.2.19, Malvern Instruments Co. Os valores relacionados ao espectro de tamanho de partículas são processados e tabelados diretamente pelo programa, sendo apresentados de forma gráfica ou tabela, conforme configuração determinada pelo usuário (CAMARA et al., 2008).

Foram analisados o diâmetro mediano volumétrico ($Dv_{0,5}$), diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho maior ou menor que esse valor (MATUO, 1990), o coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.) e a porcentagem do volume em gotas menores que 100 μm , entre 100 e 250 μm e entre 130 e 190 μm , para desta forma determinar a quantidade de gotas úteis em cada tratamento.

2.3. Delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado a campo foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 2x2+2 (Turbotrator e Ecos x endosulfan e endosulfan + óleo vegetal) sendo duas testemunhas, uma com aplicação (TT11002) e outra sem aplicação totalizando 06 tratamentos com quatro repetições. No laboratório foram utilizados os mesmos tratamentos com delineamento inteiramente casualizado.

Para os dados de cobertura, deposição e tamanho de partículas, controle e produtividade as médias foram submetidas ao teste F na análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A área de cada parcela foi de 108 m² sendo 20 m de comprimento e 5,4 m de largura (6 linhas de semeadura) considerando como parcela útil as duas linhas centrais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cobertura das plantas de algodão pelas gotas aspergidas.

Na Tabela 2 são apresentados os dados da análise de variância para cobertura dos papéis hidrossensíveis.

Tabela 2. Análise de variância para os dados originais de cobertura (em %) da calda inseticida no papel hidrossensível em três posições do dossel da planta e relação entre terço superior e inferior da planta. Jaboticabal – SP, 2010.

	Superior	Médio	Inferior	Sup/Inf
Bico				
Turbotrator	9,03 a	2,11 a	0,60 a	15,05
Ecos	2,14 b	0,76 a	0,44 a	4,86
Testemunha (TT11002)	33,60	7,18	1,56	21,53
DMS	6,16	3,12	0,77	
Calda				
endosulfan	4,02 a	1,31 a	0,52 a	7,73
endosulfan + óleo vegetal	7,15 a	1,56 a	0,52 a	13,75
DMS	6,16	3,12	0,77	
Teste de F				
Test x Fator	78,38**	12,89**	6,94**	
C.V. (%)	50,59	10,77	97,74	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. C.V.: coeficiente de variação (%).

Para o terço superior, pode-se observar no fator bicos que o modelo Turbotrator resultou em maior porcentagem de cobertura apresentando diferença significativa em relação ao bico Ecos (Tabela 3). Esta diferença pode ser atribuída ao modelo do bico, já

que o Turboatrator utiliza três discos formadores de gotas, no qual há formação de três jatos de pulverização. Ainda no terço superior, quando se compara a testemunha (TT11002) pode-se observar que apresentou cobertura aproximadamente quatro vezes maior em relação ao bico Turboatrator. Este fato é explicado pelo volume de aplicação na testemunha (150 L.ha^{-1}) ser aproximadamente quatro vezes maior quando comparado ao volume de aplicação utilizado nos bicos rotativos (40 L.ha^{-1}). COURSHÉE (1967), explica através de uma fórmula onde existe uma relação direta do aumento da cobertura em função do aumento volume de aplicação.

No terço médio e inferior da planta, pode-se observar para o fator bicos que não houve diferença significativa entre os tratamentos, mas pode-se observar que houve diferença significativa da testemunha comparada aos tratamentos, fato que é atribuído ao uso do maior volume de aplicação na testemunha.

Pode-se observar que a diferença de cobertura para a testemunha no terço superior é diminuída para apenas duas vezes. Este fato pode ser explicado pelo efeito “guarda-chuva” em que as folhas do terço superior impedem a passagem das gotas para os terços subsequentes (ROMAN et al., 2009). Desta forma, a uniformidade do espectro de gotas é relevante, já que a testemunha (TT11002) por gerar gotas desuniformes, faz com que as gotas maiores não passem pela barreira das folhas. Já os bicos rotativos, caracterizados por apresentarem gotas de tamanho uniforme, conseguem atravessar a barreira das folhas já que por terem uniformidade no espectro não produzem gotas muito grossas ou extremamente grossas que possam ser capturadas antes de atingir seu alvo. DI OLIVEIRA (2008), em trabalho realizado na aplicação de inseticida com bico rotativo na cultura da soja obteve valores de porcentagem de cobertura de 6,5 (superior), 4 (médio) e 1,8 (inferior), com finalidade de controle de *Pseudoplusia includens*. Quando comparados os resultados com o do autor, pode-se observar que os valores de cobertura obtidos neste experimento foram inferiores nos terços médio e inferior, o que não significa um problema em relação ao controle de *Anthonomus grandis*, já que este prevalece no terço superior da planta.

Para o fator caldas pode-se observar que não houve diferença significativa em nenhum dos três terços avaliados, conforme resultados que podem ser observados no capítulo 2 e corroborados por DI OLIVERIA (2008).

3.2 Deposição das gotas aspergidas sobre as plantas de algodão.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de deposição.

Tabela 3. Deposição de inseticida em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ nos três terços da planta da cultura do algodoeiro e relação entre o terço superior e inferior da planta. Jaboticabal – SP, 2010.

	Superior	Médio	Inferior	Sup/Inf
Bico				
Turbotrator	0,37 a	0,51 a	0,42 a	0,88
Ecos	0,42 a	0,47 a	0,24 a	1,75
Testemunha (TT11002)	0,95	0,87	0,76	1,25
DMS	0,42	0,41	0,43	
Calda				
Endosulfan	0,36 a	0,60 a	0,33 a	1,09
Endosulfan + Óleo Vegetal	0,42 a	0,39 a	0,33 a	1,27
DMS	0,42	0,41	0,43	
Teste de F				
Test x Fator	6,46*	3,19 ^{ns}	3,74 ^{ns}	
C.V. (%)	76,83	66,08	93,99	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. C.V.: coeficiente de variação (%).

Na Tabela 2 pode-se observar que nos três terços avaliados não houve diferença significativa para nenhum dos fatores avaliados. No terço superior observa-se que embora não ocorra diferença significativa entre os bicos houve maior deposição para o bico Ecos, sendo que na Tabela 3 foi observado que este bico apresentou cobertura quatro vezes menor. Este fato já foi constatado no capítulo 2 e é devido à estrutura protetora que este bico apresenta, fazendo com que uma lâmina de calda seja formada, desta maneira houve maior concentração do marcador nas folhas. Para o terço médio

pode-se observar que houve maior deposição quando comparado ao terço superior. Este fato já foi constatado por DI OLIVEIRA (2008) e ainda não há uma explicação definida para este acontecimento. Existe a hipótese em relação ao fator de espalhamento das gotas no papel hidrossensível que pode ter sido modificado em função das características das caldas desta forma gerar a diferença nos resultados entre cobertura e deposição.

Quando se observa a uniformidade da distribuição das gotas pela planta pode-se constatar que o bico Turbotrator obteve a maior uniformidade no dossel, embora tenha resultados em depósitos menores no terço superior conforme observado na análise de relação entre o terço superior e inferior (Figura 5).

Quando se compara a testemunha aplicada com os tratamentos, pode-se observar que bico TT11002 resultou em diferença significativa de deposição apenas no terço superior. Desta forma, pode-se constatar que o aumento do volume não influenciou na deposição nos terços médio e inferior (Tabela 3). Quando se observam os valores de cobertura obtidos na Tabela 2, pode-se constatar que a testemunha (TT11002) obteve diferença significativa nos três terços da planta, o que não aconteceu para a deposição (Tabela 3). Este fato é explicado por COURSHÉE (1967) que, relata que a maior cobertura pode não resultar em maior deposição dos ingredientes ativos, uma vez que isto também dependerá da concentração da calda e da distribuição das gotas no dossel da cultura. Para o fator caldas pode-se observar que nos três terços da planta a adição de óleo vegetal à calda não influenciou significativamente a deposição do inseticida.

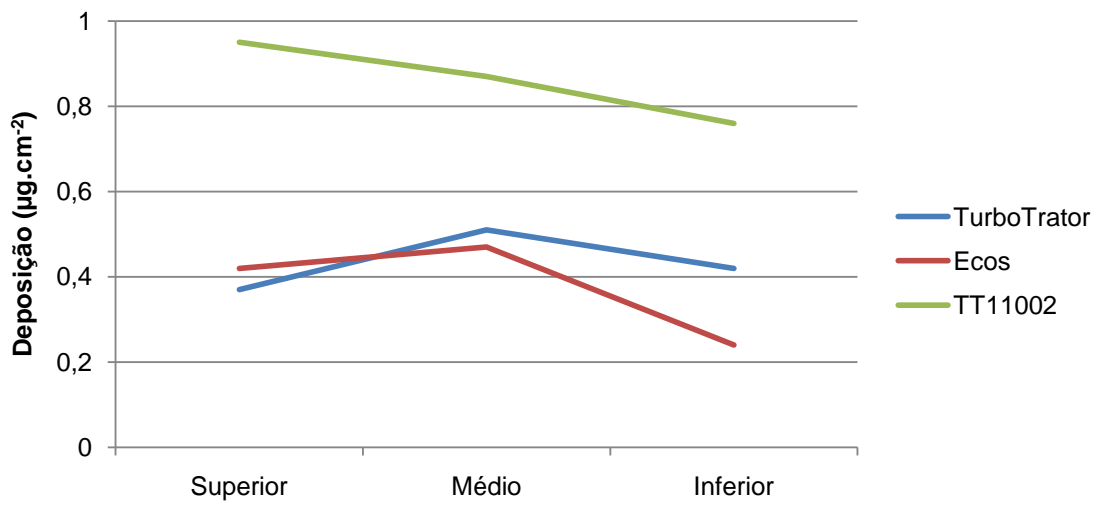


Figura 5. Distribuição das gotas com as caldas inseticidas depositadas nos terços superior, medio e inferior das plantas de algodão. Jaboticabal-SP, 2010.

3.3 Determinação do tamanho de gotas.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da análise de variância para os parâmetros de avaliação referentes ao tamanho de partículas dos bicos e caldas analisadas.

Tabela 4. Análise de variância para as medias dos parâmetros Diâmetro mediano volumétrico ($Dv_{0,5}$), Coeficiente de uniformidade (Coef. Unif), Porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\%<100$), gotas úteis entre 100 e 250 μm ($100\%>250$) e gotas úteis entre 130 e 190 μm ($130\%>190$).

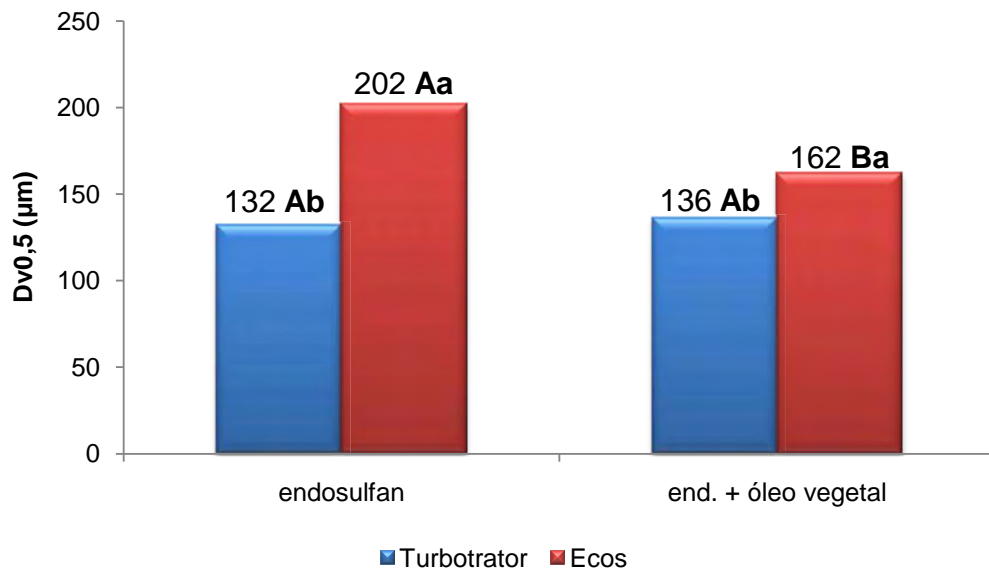
	$Dv_{0,5}$	Coef. Unif.	$\%<100$	$100\%>250$	$130\%>190$
Bicos					
Turbotrator	134 b	0,65 b	13 a	87 a	48 a
Ecos	182 a	0,80 a	06 b	79 b	42 a
Testemunha	245	1,76	11	40	17
DMS	15	0,06	3,2	6,12	8,25
Caldas					
endosulfan	167 a	0,79 a	09 a	78 b	39 b
end. + óleo vegetal	149 b	0,65 b	09 a	88 a	51 a
DMS	15,39	0,06	3,2	6,12	8,25
C.V. (%)	6,82	5,67	25,95	6,42	16,40

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação

Para o parâmetro $Dv_{0,5}$ pode-se observar no fator bicos que ocorreu diferença significativa entre os modelos de bicos. Com isto pode-se atribuir a maior cobertura e deposição obtidas pelo modelo Turbotrator (Tabelas 2 e 3). Ainda pode-se observar que o bico Turbotrator resultou em gotas consideradas finas de acordo com a classificação da norma ASAE S-570 (ASAE, 2000), contra dizendo a recomendação do fabricante, em que, no dispositivo para seleção da rotação de trabalho se posicionou o dispositivo de rotação para produção de gotas médias, sendo que o espectro de gotas é caracterizado como finas.

Para o fator caldas pode-se observar que a adição de óleo vegetal resultou na diminuição do tamanho das gotas, ocorrendo diferença significativa. Este fato é explicado pelas propriedades do líquido que influenciam a formação das gotas (BODE & BUTLER, 1983). MILLER & BUTLER ELLIS (2000) também afirmam que as mudanças nas propriedades do líquido influenciam na formação das gotas e conseqüentemente o comportamento desta no contato com o alvo.

Na Figura 6 é apresentado o desdobramento da interação entre bicos e caldas para o parâmetro de avaliação $Dv_{0,5}$.



Letras maiúsculas iguais entre caldas e minúsculas entre bicos não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 6. Média do desdobramento da interação entre bicos e caldas para o parâmetro $Dv_{0,5}$.

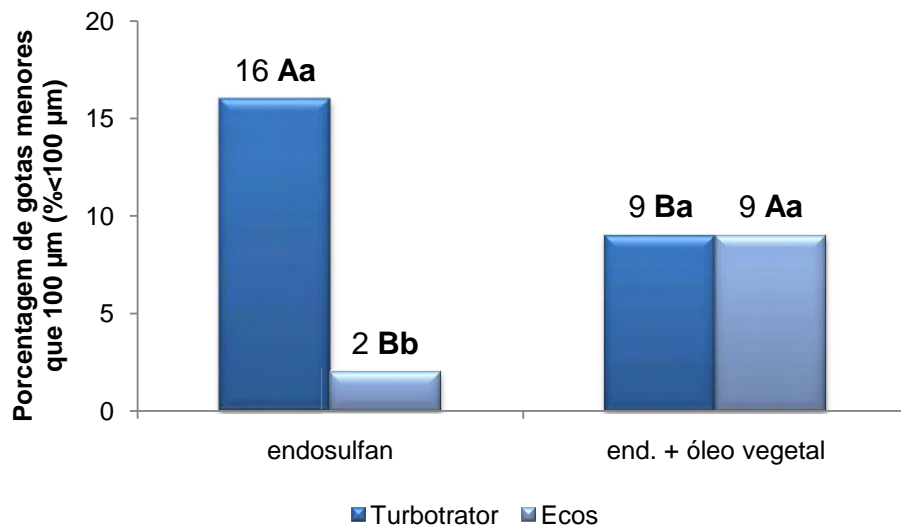
Pode-se observar que o bico rotativo Ecos resultou nos maiores valores de tamanho de gota independente da calda utilizada, este fato se deve a que bico Turbotrator trabalhou com maior rotação quando comparado com o modelo Ecos. Quando se comparam as caldas para cada bico, a adição de óleo vegetal somente influenciou no bico Ecos. Desta forma existe a hipótese da influência da quantidade de discos na formação das gotas.

Para o parâmetro coeficiente de uniformidade pode-se observar que ambos os modelos de bicos rotativos apresentaram uniformidade do espectro consideravelmente boas, quando comparadas à testemunha (TT11002) que apresentou o espectro de gotas bastante heterogêneo. No entanto, pode-se observar que o modelo Turbotrator diferiu significativamente dos outros modelos de bicos. DI OLIVEIRA et al. (2010), em estudo de tamanho de gotas com bico rotativo monodisco e bico hidráulico observaram um coeficiente de uniformidade de 0,73 para o bico rotativo e 1,31 para o bico hidráulico, demonstrando a capacidade do bico rotativo na formação de gotas

homogêneas. DERKSEN & BODE (1986), em estudo realizado com diferentes bicos rotativos obtiveram coeficientes de uniformidade variando de 0,44 a 0,58, o que mostra que ainda há possibilidade de melhorar os modelos utilizados neste trabalho. Para o fator caldas pode-se observar que a adição de óleo vegetal às caldas resultou em melhor uniformidade do espectro de gotas o que é um indicativo de que as propriedades físico-químicas do líquido como a viscosidade influenciam a formação das gotas neste tipo de bicos.

Para o parâmetro porcentagem de gotas menor que 100 μm , pode-se observar que ocorreu diferença significativa entre os modelos de bicos rotativos. Ainda é possível observar que o modelo Turbotrator mesmo com um $Dv_{0,5}$ de praticamente a metade em relação à testemunha (TT11002) resultou em praticamente a mesma porcentagem de gotas menores que 100 μm . Desta forma observa-se a importância do espectro de gotas na susceptibilidade à deriva. Para o fator caldas, não houve diferença significativa quando adicionado óleo vegetal à calda. Pode-se observar que quando houve a adição do óleo vegetal o $Dv_{0,5}$ foi menor, no entanto, a uniformidade do espectro foi melhorada, o que resultou na mesma susceptibilidade à deriva quando comparada à calda apenas com endossulfan que obteve maior tamanho de gota.

Na Figura 7 é apresentado o desdobramento da interação entre bicos e caldas para o parâmetro porcentagem de gotas menores que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$).



Letras maiúsculas iguais entre caldas e minúsculas entre bicos não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 7. Médias do desdobramento da interação entre bicos e caldas para o parâmetro porcentagem de gotas menores que $100 \mu\text{m}$ ($\% < 100 \mu\text{m}$).

Quando se comparam os bicos em ambas as caldas é possível observar que o bico Ecos resultou em menor susceptibilidade à deriva apenas quando utilizada a calda a base de endosulfan. Quando se comparam ambas as caldas para cada bico rotativo podem ser observados comportamentos diferentes entre os modelos. Para o bico Turbotrator a adição de óleo vegetal resultou em menor susceptibilidade à deriva. Já para o bico Ecos a calda apenas com endosulfan obteve menor susceptibilidade. DI OLIVEIRA (2008) em análise do espectro de gotas em bicos rotativos monodisco observou que a adição de espalhante adesivo não iônico à calda a base de endosulfan resultou em menor susceptibilidade à deriva, o que é indicativo da ação das propriedades físico-químicas da calda na formação das gotas.

Considerando uma faixa de gotas úteis entre 100 e $250 \mu\text{m}$ pode-se observar para o fator bicos que o bico Turbotrator resultou em maior porcentagem de gotas úteis, diferindo estatisticamente do bico Ecos. Pode-se atribuir esta maior porcentagem de gotas úteis à boa uniformidade do espectro de gotas que o bico Turbotrator apresentou, já que com menor $Dv_{0,5}$ resultou em maior porcentagem de gotas úteis, principalmente

quando comparado à testemunha (TT11002) que resultou em praticamente 50% a menos de gotas úteis mesmo apresentando um $Dv_{0,5}$ 50% maior. Desta forma pode-se enfatizar a importância da uniformidade do espectro das gotas pulverizadas. Para o fator caldas pode-se observar que houve diferença significativa quando adicionado óleo vegetal à calda, com 12% a mais de gotas úteis, quando comparado à calda apenas com endossulfan (Tabela 4).

Quando se considera uma faixa mais rigorosa de gotas úteis (130 a 190 μm), pode-se observar na Tabela 4 que para o fator bicos não ocorreu diferença significativa. No entanto, para o bico Turbotrator observa-se que quando estreitada a faixa de gotas úteis a porcentagem foi reduzida em 39%. Para o bico Ecos houve redução de 37%, já para a testemunha ocorreu 23% de redução nas gotas úteis.

3.4. Controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de controle do bicudo-do-algodoeiro após a primeira aplicação.

Tabela 5. Análise de variância para porcentagem de botões danificados pelo bicudo-do-algodoeiro após a primeira aplicação, Jaboticabal-SP, 2010.

	Previa	3DAA	5DAA	7DAA
Bico (Rotativo)				
Turbotrator	15,62 a	43,75 a	46,87 a	45,62 a
Ecos	13,75 a	44,37 a	40,62 a	36,87 a
DMS	10,02	7,80	15,24	14,02
Calda				
endosulfan	17,50 a	38,75 a	42,50 a	44,37 a
end. + óleo vegetal	11,87 a	49,37 a	45,00 a	38,12 a
DMS	10,02	7,80	15,24	14,02
Testemunhas				
Aplicada (TT11002)	16,25 a	33,75 b	40,00 a	27,50 b
Sem aplicação	8,75 a	48,75 a	55,00 a	52,50 a
DMS	14,18	11,04	21,56	0,70
Test (F)				
Test x Fator	0,29 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,05 ^{ns}
C.V. (%)	67,52	17,01	31,84	32,27

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação. DAA: Dias após a aplicação.

Na avaliação previa à aplicação dos tratamentos todos os tratamentos encontravam-se com população da praga de maneira uniforme, com exceção da testemunha sem aplicação que apresentava uma menor porcentagem de botões danificados.

Para o fator bicos e caldas, pode-se observar que não houve diferença significativa aos 3, 5 e 7 DAA. Ainda pode-se observar que a testemunha aplicada não diferiu dos fatores, o que é um indicativo do que o aumento do volume de aplicação com o bico hidráulico não resultou em maior controle da praga. Quando se comparam ambas as testemunhas, pode-se observar que aos 3 e 7 DAA houve diferença significativa, em que, a testemunha que não recebeu tratamento obteve menor controle.

De maneira geral, pode-se observar que a porcentagem de botões danificados foi relativamente alta.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de controle do bicudo-do-algodoeiro após a segunda aplicação.

Tabela 6. Análise de variância para porcentagem de botões danificados pelo bicudo-do-algodoeiro após a segunda aplicação, Jaboticabal-SP, 2010.

	Previa	3DAA	5DAA	7DAA
Bico (Rotativo)				
Turbotrator	45,62 a	31,25 a	22,50 a	35,00 a
Ecos	36,87 a	34,37 a	28,12 a	40,00 a
DMS	14,02	14,52	11,07	13,54
Calda				
endosulfan	44,37 a	31,87 a	25,00 a	40,00 a
end. + óleo vegetal	38,12 a	33,75 a	25,62 a	35,00 a
DMS	14,02	14,52	11,07	13,54
Testemunhas				
Aplicada (TT11002)	27,50 b	22,50 b	25,00 a	33,75 b
Sem aplicação	52,50 a	52,50 a	33,75 a	71,25 a
DMS	0,70	20,54	0,67	0,62
Test (F)				
Test x Fator	0,05 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,81 ^{ns}	7,41 [*]
C.V. (%)	32,27	39,71	39,03	29,94

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação; DAA: Dias após a aplicação.

Para o fator bicos e caldas pode-se observar que não houve diferença significativa em nenhuma das avaliações com níveis de controle satisfatórios, o que é um indicativo de que as diferenças em relação ao tamanho de gota e uniformidade do espectro não foram significativas no controle da praga. Quando se compara a testemunha aplicada com os fatores pode-se observar que ocorreu diferença significativa apenas aos 7DAA. Em relação às testemunhas houve diferença significativa aos 3 e 7DAA, no qual a testemunha sem aplicação resultou na maior porcentagem de botões danificados. SCARPELLINE et al. (2002), em experimento avaliando a ação de diferentes inseticidas com aplicação de bicos hidráulicos, observaram que o ingrediente ativo endosulfan atingiu eficiência no controle apenas aos 7 dias após a segunda aplicação. Os autores ainda citam que a partir desse ponto a ação do endosulfan foi considerada baixa, já que os níveis de infestação foram altos.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de controle do bicudo-do-algodoeiro após a terceira aplicação.

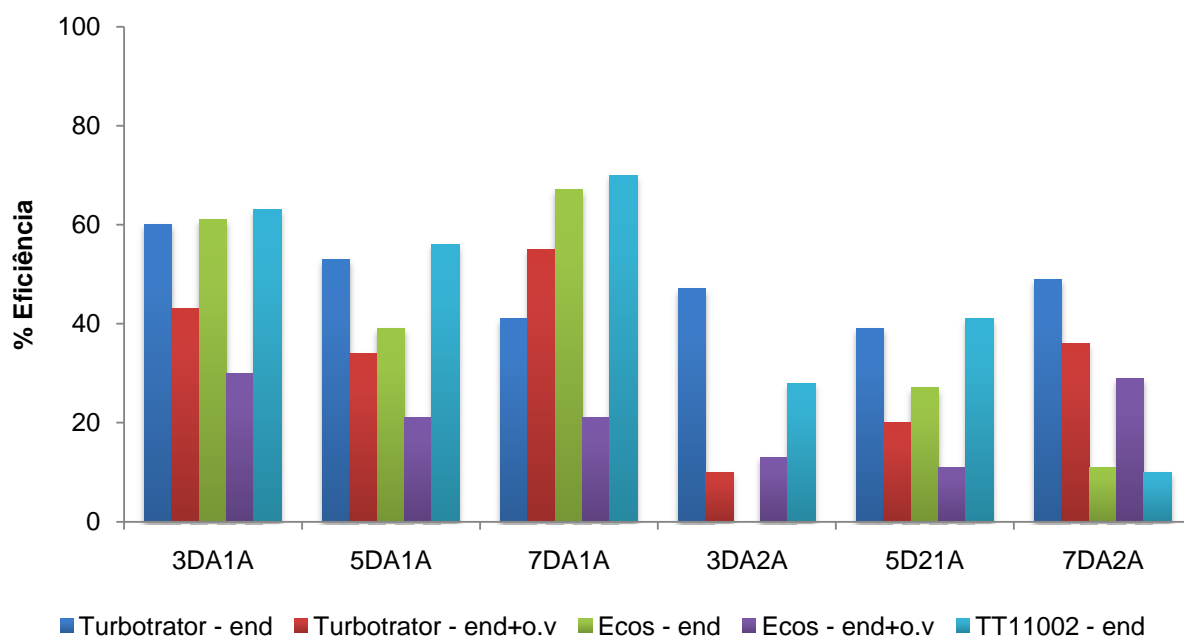
Tabela 7. Análise de variância para porcentagem de botões atacados pelo bicudo-do-algodoeiro após a terceira aplicação, Jaboticabal-SP, 2010.

	Previa	3DAA	5DAA	7DAA
Bico (Rotativo)				
Turbotrator	35,00 a	49,37 a	75,00 a	55,62 a
Ecos	40,00 a	48,75 a	69,37 a	57,50 a
DMS	13,54	15,17	8,64	11,90
Calda				
endosulfan	40,00 a	53,75 a	73,12 a	54,37 a
end. + óleo vegetal	35,00 a	44,37 a	71,25 a	58,75 a
DMS	13,54	15,17	8,64	11,90
Testemunhas				
Aplicada (TT11002)	33,75 b	42,50 b	72,50 b	55,00 b
Sem aplicação	71,25 a	71,25 a	87,50 a	85,00 a
DMS	0,62	21,46	12,23	16,84
Test (F)				
Test x Fator	7,41 *	1,60 ^{ns}	4,93 *	7,69 *
C.V. (%)	29,94	27,60	10,87	18,33

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação; DAA: Dias após a aplicação.

Após a terceira aplicação pode-se observar que não houve diferença significativa entre bicos e entre caldas. Entre as testemunhas houve diferença significativa aos 3, 5 e 7DAA. Para a testemunha quando comparada aos fatores, ocorreu diferença significativa apenas aos 5 e 7DAA. De maneira geral, pode-se observar que a porcentagem de botões atacados aumentou significativamente quando comparado à segunda aplicação. Este fato se deve a que logo algumas horas após a terceira aplicação houve precipitação pluvial de 10mm o que pode ter interferido na ação do inseticida. Devido a condições operacionais locais, não foi possível a reaplicação, podendo apenas realizar uma quarta aplicação uma semana depois. A quarta e quinta aplicação foram realizadas com os mesmos tratamentos visando apenas reduzir o nível de infestação já que devido ao estagio e ao ataque da praga não foi possível avaliar o número de botões florais danificados, já que grande parte já estavam danificados, desta maneira visou-se apenas conservar estruturas reprodutivas em estágios de formação de capulho para avaliação da produtividade.

De acordo com os valores de eficiência calculados pela fórmula de HENDERSON & TILTON (1955), para verificação do desempenho dos tratamentos no campo, pode-se observar que os tratamentos resultaram na maior eficiência de controle aos 7 dias após a primeira aplicação. A partir da segunda aplicação o nível de eficiência foi decrescente inclusive para a testemunha com aplicação de 150 L.ha⁻¹. Desta forma, pode-se constatar que ainda o método convencional com volume aproximadamente quatro vezes maior quando comparado com os bicos rotativos (40 L.ha⁻¹) resultou em eficiência semelhante (Figura 8). Pode-se observar que não são apresentados os dados da eficiência após a terceira aplicação, isto devido a que para todas as avaliações a eficiência foi zero.



DA1A = Dias após primeira aplicação; DA2A= Dias após segunda aplicação; end= endossulfan; o.v= óleo vegetal

Figura 8. Porcentagem de Eficiência no controle de *Anthonomus grandis* após primeira e segunda aplicação dos tratamentos com bicos rotativos e caldas inseticidas. Jaboticabal – SP, 2010.

3.5 Avaliação de produtividade da cultura do algodão.

Na Figura 9 são apresentados os resultados da produtividade obtida pelos diferentes tratamentos.

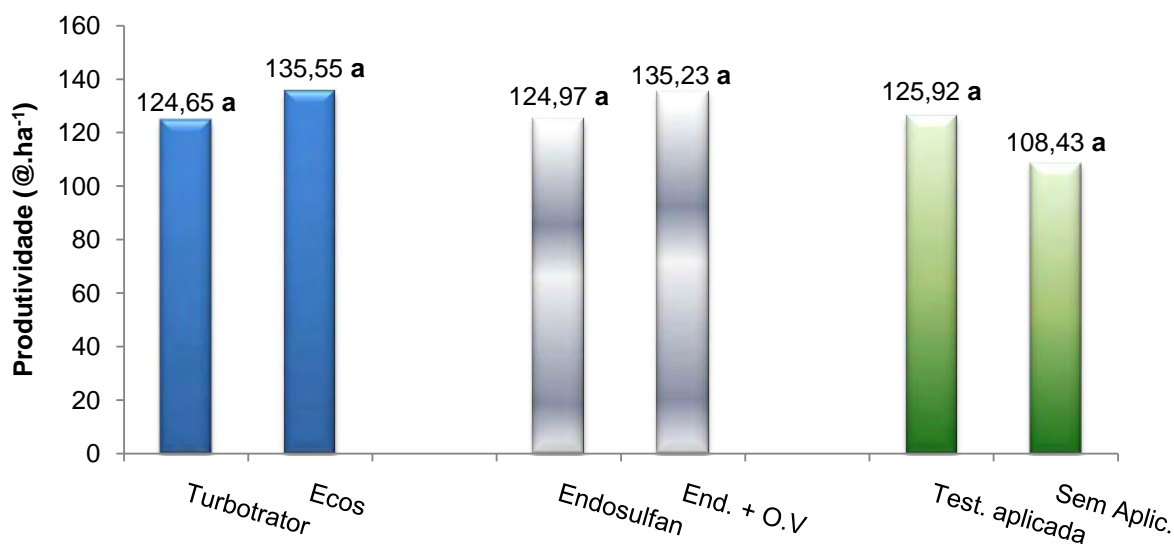


Figura 9. Produtividade final dos tratamentos na área experimental, Jaboticabal – SP, 2010.

De acordo com a Figura 9, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados, com médias de produtividade consideravelmente baixas em relação à comparadas com a literatura, mesmo em condições diferentes em relação a variedade (SCARPELLINE et al., 2002 ; LOST et al., 2005). Este fato é atribuído ao alto índice de infestação do bicudo-do-algodoeiro após a terceira aplicação, onde a partir desse ponto a maior parte do terço superior das plantas estava comprometido devido a que esta região é a preferida para alimentação, principalmente quando se trata de botões florais entre 3 e 6 cm (BUSOLI et al., 2004). Neste contexto, pode-se acrescentar que a utilização do controle químico isoladamente pode não ser suficiente no manejo do bicudo na cultura do algodoeiro, podendo utilizar como ferramenta útil o do MIP (Manejo Integrado de Pragas). Caso o controle químico seja necessário no tratamento fitossanitário para controle do bicudo-do-algodoeiro a

utilização de baixo volume de aplicação é uma alternativa já que é um fator que contribui diretamente para a redução do custo de produção do sistema produtivo.

4. CONCLUSÃO

- As melhores características de tamanho de gotas do bico Turbotrator não influenciaram no controle do bicudo-do-algodeiro e na produtividade final;
- O acréscimo de óleo vegetal à calda fornece as melhores características de formação e distribuição de gotas quando se trabalha com bicos rotativos em aplicações a volume baixo de calda;
- É necessário mais avaliações com bicos rotativos para aprimorar a sua utilização na agricultura brasileira;
- A utilização de volume de aplicação de aproximadamente quatro vezes maior não resultou em maior controle do bicudo-do-algodeiro e produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. S572. Spray nozzle classification by droplet spectra. In: ASAE Standard, AUG99. St. Joseph, 2000. p.389-91.

BALS, E.J. The reasons for C.D.A (Controlled drop application). **Proceeding British Crop Production**, v. 2, p. 659-667, 1978

BASTOS, C.S.; PEREIRA, M.J.B.; TAKIZAWA, E.K.; OHL, G.; AQUINO, V.R. **Bicudo-do-algodeiro**: Identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: EMBRAPA, 2005.

BODE, L.E.; BUTLER, B.J. Spray characteristics of rotary atomizers. In: Pesticide Formulations and Application Systems: **Second Conference**, ASTM STP 795, K.G Seymor, Ed., American Society for Testing and Materials, p. 89-104. 1983.

BUSOLI, A.C.; PEREIRA, F.F.; LÓPEZ, V.A.G.; SOARES, J.J.; MELO, R.S.; ALMEIDA, C.A. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 101-104, 2004.

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 estendida XR11003. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p. 740-749. 2008.

COURSHEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, v.5, p.327-52, 1967.

DERKSEN, R.C.; BODE, L.E. Droplet size comparisons from rotary atomizers. **Transactions of the ASAE**, v. 29, n. 5, p. 5-11, 1986.

DI OLIVEIRA, J.R.G. **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante**. 2008. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP – Universidade Estadual Paulista Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2008.

DI OLIVEIRA, J.R.G.; FERREIRA, M.C.; ROMAN, R.A.A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p. 92-99. 2010.

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, C.T. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, v.13, p.765-70, 1999.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

Agricultural pesticide sprayers. Rome, 1998. v.2, p.62.

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**, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, M.C.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C Validação de modelo matemático para simulação da capacidade operacional de turbo atomizadores em citros. **Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 1, 1999.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal Economic Entomology**, v.63, p.1536- 1539, 1955.

LOST, A.R.C.; FERREIRA, M.C.; IAMAMOTO, M.M.; ROCHA, F.G.F.; LEITE, G.J.; ROMANI, G.N.; FERNANDES, A.P.; PARREIRA, R.S. Deposição de calda de diferentes fungicidas proporcionada por pulverizadores de pressão constante (CO₂) e com bico rotativo, em algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Esphera, 2005. CD-ROM.

MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T. Avaliação de um amostrador para estudo da exposição dérmica de aplicadores de defensivos agrícolas. **Ciência Agronômica**, v.4, n.2, p.22, 1989.

MATUO, T. Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Jaboticabal: Funep, 1990. 139p.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, v. 19, p. 609-615, 2000.

MONSANTO DO BRASIL. Cultivares transgênicas: Deltapine/MDM - Sementes de Algodão. [S.l.], 2007. 2p. Folder.

RODRIGUES, G.J. **Crítérios rastreáveis na aplicação de inseticida no controle do bicho mineiro do cafeeiro**. 2005. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ROMAN, R.A.A.; CORTEZ, J.W.; FERREIRA, M.C.; DI OLIVEIRA, J.R.G. Cobertura da cultura da soja pela calda fungicida em função de pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 223-232, 2009.

RUAS, R.A.A.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; SILVA, A.A.; VIEIRA, R.F. Desenvolvimento e avaliação de um sistema experimental de pulverização visando a determinação de parâmetros para aplicação de agrotóxicos, **Engenharia na Agricultura**, v.17, n. 1, p. 31-41, 2009

SCARPERLLINI, J.P. ZANETTI, L.F. PINTO, R.A. Avaliação de inseticidas no controle do bicudo (*Anthonomus grandis*) Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e na produção de algodão em caroço. **Revista Ecosystema**, v. 27, n. 1.2, jan-dez, 2002.

SCRAMIN, S. et al. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.12, n.1, p. 43-50, 2002.

VENTURA, M.U.; NEVES, P.M.O.J. Controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843). **Semina Ci. Agr**, v.16, n. 1, p. 85-89. 1995.

WALTON, W.H.; PREWETT, W.C. Atomization by spinning discs. *Proceedings of Physical Society*, v. 62, p. 341-350, 1949.