

Pontas de pulverização de jato cônico vazio, em função das pressões de trabalho

Elivânia M. S. Nascimento¹, Renildo L. Mion², Maria J. F. Dantas³,
Carlos A. Viliotti², Weberte A. Sombra⁴

¹ Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Departamento de Engenharia Agrícola, Av. Mister Hull, 2977, Bloco 804, Pici, CEP 60356-000, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: elivania_sousa@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso, Rodovia Rondonópolis-Guiratinga (MT 270), km 6, Parque Sagrada Família, CEP 78735-901, Rondonópolis-MT, Brasil. E-mail: renildomion@gmail.com; viliotti@ufc.br

³ Faculdade de Ciências Agrônômicas, Alameda Agenor Couto Magalhães, Vila Clarice, CEP 05161-400, São Paulo-SP, Brasil. E-mail: dantas@yahoo.com.br

⁴ Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Tauá, Avenida Antonio Teixeira Benevides, 01, Colibris, CEP 63660-000, Tauá-CE, Brasil. E-mail: weberte@yahoo.com.br

RESUMO

As pontas de pulverização são responsáveis pelo desenho produzido pelo jato líquido, além de fundamental importância para a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, influenciando na variação da taxa de aplicação por área. O objetivo deste trabalho foi avaliar pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio: JA-1, JA-2, JA-5 e TVI 8003, submetidas às pressões de 420, 630 e 1000 kPa. Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica e caracterização da população de gotas foram realizados em duas etapas: na primeira etapa utilizou-se, para obtenção do perfil de distribuição, uma mesa de teste com altura de 0,50 m enquanto na segunda etapa foi realizada a caracterização do espectro de gotas a partir dos seguintes parâmetros: diâmetro médio volumétrico (DMV), densidade de gotas (DG), amplitude relativa (AR) e potencial de risco de deriva (PRD). As pontas de jato cone vazio apresentam perfis irregulares em função da vazão nominal. A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas foi influenciada pela pressão do líquido e vazão nominal das pontas. A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas foi influenciada pela pressão do líquido e pela vazão nominal das pontas. As pontas de jato cônico vazio apresentaram distribuição volumétrica bastante variável quando submetidas às pressões de trabalho. Todas as pontas estudadas devem ser utilizadas com critérios em virtude de apresentarem problemas de risco à deriva. A ponta com indução de ar obteve a menor densidade de gotas.

Palavras-chave: agrotóxicos, distribuição volumétrica, tecnologia de aplicação

Spray nozzles hollow cone in function of the working pressures

ABSTRACT

The spray nozzles are responsible for the design produced by the liquid sprayer and is of fundamental importance for the technology of application of pesticides, influencing variation in application rate per area. The objective of this study was to evaluate hydraulic spray nozzles hollow cone JA-1, JA-2, JA-5 and TVI 8003, under working pressures of 420, 630 and 1000 kPa. The tests of uniform volumetric distribution and characterization of the population of drops were carried out in two stages: the first stage for obtaining the distribution profile used a patternator with a height of 0,50m, the second stage was performed characterization of the droplet spectrum from the following parameters: mean volume diameter (MVD), droplet density (DD), relative amplitude (RA) and drift potential risk (DPR). The hollow cone nozzles have irregular profiles, depending on the nominal flow. A uniform volumetric distribution of the nozzles was evaluated influenced by fluid pressure and nominal flow. The hollow cone nozzles showed highly variable volumetric distribution when subjected to working pressures. All nozzles studied criteria should be used to present risk problems will drift. The air induction nozzles showed the lowest droplet density.

Key words: pesticides, volumetric distribution, application technology

Introdução

As pontas de pulverização são os componentes principais na aplicação de defensivos agrícolas, por isso é necessário definir suas características, uma vez que influenciaram diretamente na qualidade de aplicação desses produtos (Miller & Ellis, 2000).

O conhecimento das características técnicas das pontas, é importante, pois irá determinar a condição ideal de trabalho e aumentar a eficiência da pulverização. Para isto, são relevantes uniformidade de aplicação e espectro adequado de gotas (Cunha et al., 2003).

A uniformidade de distribuição do jato produzido é fundamental para a distribuição adequada do produto sobre o alvo aumentando, desta forma, a possibilidade de controle da praga. Para a realização desses estudos é imprescindível mesa ou bancada de teste na qual canaletas realizam a coleta do líquido a distâncias pré-determinadas e a depositam em recipientes individuais (Chapple et al., 1993).

A avaliação do espectro de gotas na aplicação de agrotóxicos é importante pois, dependendo do alvo a ser controlado, exigirá gotas de maior ou menor diâmetro, no qual, o modelo da ponta irá interferir, à distância em relação ao alvo, à pressão de trabalho ao ângulo de pulverização, e quanto ao tipo de produto utilizado, entre outros fatores (Câmara et al., 2008).

Existe, no mercado, uma variedade de pontas hidráulicas com diferentes especificações e usos definidos (Cunha & Ruas, 2006). Segundo Christofolletti (1999) normalmente as pontas de jato cônico trabalham com pressão que varia de 200 a 1000 kPa, produzindo um ângulo de 60° a 80° e gotas muito pequenas, o que favorece a deriva.

Nos últimos anos o uso de pontas com indução de ar, que geram gotas de maior tamanho e maior massa, tem sido bastante incentivado pelo potencial de redução de deriva e boa eficácia na sua aplicação (Knewitz et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar pontas de pulverização hidráulica de jato cone vazio: JA-1, JA-2, JA-5 e TVI 80-03, submetidas a pressões de 420, 630 e 1000 kPa quanto à uniformidade de distribuição e ao espectro de gotas.

Material e Métodos

Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica e espectro de gotas foram realizados no Laboratório de Eletrônica e Máquinas Agrícolas (LEMA) e numa área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

Para a realização dos ensaios foram utilizadas pontas hidráulicas de pulverização de jato cônico vazio JA-1, JA-2, JA-5 e TVI (Tabela 1) submetidas às pressões de trabalho de 420, 630 e 1000 kPa. Os ensaios foram realizados em duas etapas: Na primeira etapa foi avaliado, em laboratório, o perfil de distribuição volumétrica das pontas e na segunda foi realizada, em campo, a análise de deposição das gotas geradas para a caracterização do espectro, a partir dos seguintes parâmetros: diâmetro mediano volumétrico (DMV), densidade das gotas (DG), amplitude relativa (AR) e potencial risco de deriva (PRD) de acordo com a metodologia proposta pela ASAE (2000).

Tabela 1. Pontas de pulverização, tipo de jato, pressão e vazão nominal utilizados nos ensaios

Ponta	Tipo de jato	Pressão (kPa)*	Vazão nominal (L min ⁻¹)	Fabricante
JA-1	Cônico vazio	420	0,32	Jacto
		630	0,38	
		1000	0,50	
JA-2	Cônico vazio	420	0,64	Jacto
		630	0,76	
		1000	1,00	
JA-5	Cônico vazio	420	1,60	Jacto
		630	1,93	
		1000	2,42	
TVI - 8003	Cônico vazio com indução de ar	420	1,42	Jacto
		630	1,74	
		1000	2,25	

* Indicado pelo fabricante

Visando à avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica das pontas utilizou-se uma mesa de prova padronizada, com as seguintes dimensões: 1,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, constam de 20 canaletas em forma de “V” com 0,05 m de profundidade e largura, um travessão na parte superior fixado à barra porta-bicos, podendo-se trabalhar com a barra desde 0,50 até 1,0 m de altura em relação à superfície da mesa; no final das canaletas existem provetas graduadas de 100 mL com precisão de 1 mL.

A alimentação da barra porta-bicos da mesa de pulverização foi procedida por meio de um registro das barras de um pulverizador, da marca Jacto condor (AM-14), com tanque de 600L, acoplado ao sistema de levante hidráulico do trator e acionado pela tomada de potência com rotação no motor de 1860 rpm e 540 rpm na TDP (tomada de potência). A variação da pressão ocorreu por meio de um manômetro com capacidade nominal para 3449,3 kPa e resolução de 344,93 kPa. Cada ponta foi instalada individualmente no centro da mesa, de modo que o jato fosse lançado na posição vertical e a 0,50 m de altura. Durante 60 segundos o líquido foi coletado em provetas graduadas e alinhadas ao longo da faixa de deposição das pontas. Foram realizadas quatro repetições para cada ponta (JA-1, JA-2, JA-5, TVI) nas pressões de trabalho (420, 630, 1000 kPa). O perfil de distribuição de cada ponta testada individualmente foi determinado por meio de gráficos plotados com o número da canaleta versus volume coletado utilizando-se a planilha eletrônica.

Com vista à determinação da deposição de gotas no campo, utilizou-se um pulverizador de barras da marca Jacto condor (AM-14), acoplado ao sistema de levante hidráulico e acionado pela TDP do trator. Em relação às etiquetas, a altura da barra foi de 0,50 m, utilizando-se as pressões testadas em laboratório (420, 630 e 1000 kPa). Ao longo da faixa de aplicação foram posicionados quatro papeis hidrossensíveis à água, dispostos transversalmente à direção de avanço do pulverizador de barra na velocidade de deslocamento de 1,66 m s⁻¹. No momento da aplicação a velocidade do vento era de 1 m s⁻¹ e a temperatura de 31 °C. Imediatamente após a passagem da barra de pulverização, os cartões foram coletados em quatro repetições, identificados e guardados em embalagem, abrigados da luz e umidade, para posterior análise. A partir da coleta, obtiveram-se imagens digitais com o auxílio de um scanner (1200 dpi).

Após este procedimento as imagens foram submetidas à análise por meio do software e-Sprinkle® para determinação do diâmetro mediano volumétrico (DMV), densidade das gotas (DG), amplitude relativa (AR) e potencial risco de deriva (PRD).

Para a análise estatística dos dados utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 3, sendo analisadas as pontas de pulverização (JA-1, JA-2, JA-5, TVI) e as pressões de trabalho (420, 630, 1000 kPa), com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico ASSISTAT, versão 7.6 (2010).

Resultados e Discussão

O perfil característico de cada ponta de pulverização depende de sua vazão nominal, altura da barra sobre o alvo e da pressão de trabalho. Este perfil deve ser considerado para se fazer as recomendações de utilização das pontas, de maneira a se obter cobertura uniforme.

A ponta JA-1, submetida às pressões testadas neste trabalho, apresentou perfil de distribuição simétrico (Figura 1A), com uma concentração maior de líquido na zona central e menor deposição nas extremidades dando, a este perfil, um formato próximo ao triangular. Cunha et al. (2004) encontraram, avaliando a uniformidade de distribuição de pontas de jato cônico com pressões de 400, 500 e 600 kPa, resultados semelhantes. Segundo esses autores, este fato ocorreu devido à baixa vazão nominal dessas pontas as quais não permitiram a geração do turbilhamento necessário para a formação do jato cônico, característicos desse tipo de ponta. De acordo com Cunha & Silva (2010) os bicos de jato cônico vazio apresentam distribuição volumétrica bastante variável, principalmente em função da vazão nominal.

A ponta JA-2 apresentou, quando submetida às pressões de 420 e 630 kPa (Figura 1B), um perfil com características semelhantes às da ponta JA-1; porém indicou, quando submetida à pressão de 1000 kPa, um perfil de distribuição irregular com depressão na zona central e aumento desses volumes nos extremos, o que agrava o problema quando se lida com esse tipo de ponta e pressão de trabalho, criando picos e depressões ao longo da faixa de pulverização. Cunha & Silva (2010) obtiveram, estudando pontas de jato cônico vazio MAG-2, restrições de uso devido à baixa uniformidade de distribuição em algumas pressões e altura da barra.

As pontas de pulverização JA-5 e TVI com indução de ar (Figuras 1C e 1D) apresentaram perfil de distribuição irregular com depressão na zona central e picos nas extremidades, o que dificulta a uniformidade de distribuição em área total, independente da pressão trabalhada. Deve-se atentar para o fato de se trabalhar a pressões elevadas com pontas com essas características para não criar uma concentração de produtos nas extremidades do jato.

Observa-se efeito significativo entre as pontas para o diâmetro mediano volumétrico (DMV), densidade das gotas (DG) e potencial risco de deriva (PRD) e que não houve efeito significativo para a amplitude relativa (AR); também não foi

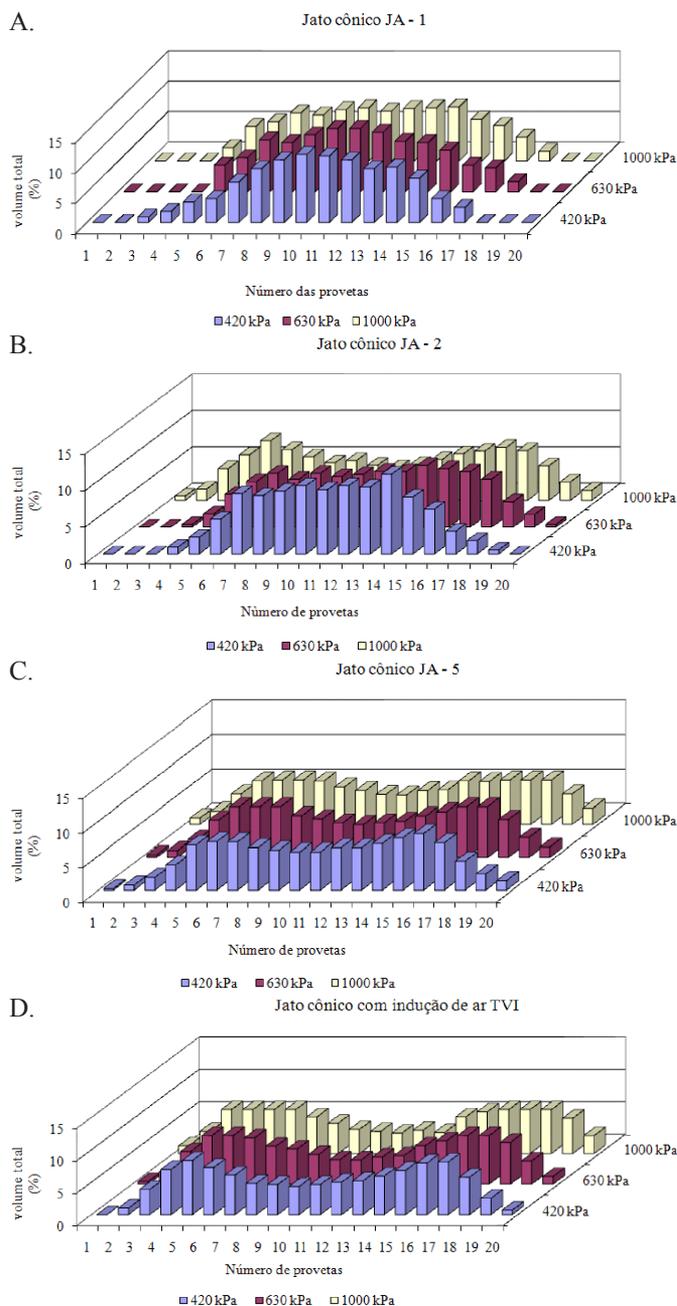


Figura 1. Perfis de distribuição volumétrica (volume total versus posição) das pontas JA-1(A), JA-2 (B), JA-5 (C) e TVI (D) nas diferentes pressões de trabalho (420, 630 e 1000 kPa)

constatado efeito significativo para as pressões para esses parâmetros (Tabela 2). Verificou-se que o teste F para interação ponta x pressão, foi significativo ($p \geq 0,01$) indicando haver uma dependência entre DMV, PRD e AR e interação significativa ($p \geq 0,05$) para a DG. O coeficiente de variação (CV) foi baixo para o DMV e AR enquanto que o maior valor foi obtido com a DG e o PRD.

Constata-se que não houve diferença entre as pontas JA-1 e JA-2 nas pressões de 420 e 1000 kPa diferindo estatisticamente das pontas JA-5 e TVI para o diâmetro mediano volumétrico - DMV (Tabela 3). Em geral, médias de DMV inferiores a 250 μm indicam potencial risco de deriva, que acontece principalmente em virtude das gotas menores que 100 μm . Cross et al. (2001) relatam que em condições ideais

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o diâmetro médio volumétrico (DMV), potencial risco de deriva (PRD), densidade de gotas (DG) e amplitude relativa (AR) das pontas JA-1, JA-2, JA-5 e TVI submetidas às pressões de 420, 630 e 1000 kPa

Fontes de variação	Teste F			
	DMV (μm)	PRD (%)	DG (N cm^{-2})	AR
Ponta	157,29 **	64,95 **	9,65 **	1,19 ns
Pressão	0,40 ns	1,01 ns	0,83 ns	2,93 ns
Ponta x Pressão	18,93 **	11,40 **	2,82 *	4,92 **
CV (%)	17,15	45,78	33,00	21,98

** Significativo a nível de 1% de probabilidade ($p \geq 0,01$). * Significativo a nível de 5% de probabilidade ($p \geq 0,05$). ns Não significativo ($p \geq 0,05$)

as gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo; no entanto, em condições climáticas adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento aumentam o risco de contaminação ambiental por deriva; assim, tem-se buscado alternativas que minimizem tais problemas. As pontas JA-5 na pressão de 630 kPa e a TVI a 420 e 1000 kPa também não diferiram significativamente entre si, porém médias de DMV superiores a 500 μm sugerem problemas de escorrimento que, comumente, ocorrem com gotas maiores que 800 μm , concordando com observações realizadas por Cunha et al. (2003).

A interação entre ponta e a pressão para a densidade de gotas foi significativa ($p \geq 0,05$) e não houve diferença significativa para as pontas JA-1, JA-2 e JA-5 quando submetidas, respectivamente, às pressões de 420 kPa e 1000 kPa (Tabela 4); no entanto, as mesmas diferiram estatisticamente da ponta TVI na pressão de 420 kPa que apresentou a menor densidade de gotas depositada sobre o alvo, em virtude do menor tamanho de gotas originadas durante a aplicação dos produtos.

Não se observa diferença entre as pontas nas pressões de 420 e 1000 kPa para a interação entre ponta e pressão para a amplitude relativa (Tabela 5). O maior valor de AR foi obtido com a ponta JA-1 na pressão de 1000 kPa não diferindo estatisticamente dos tratamentos analisados. A ponta JA-1 na pressão de 630 kPa foi a única que diferiu estatisticamente das demais. Segundo Christofletti (1999) quanto maior o valor da amplitude relativa

Tabela 3. Médias de interação do diâmetro médio volumétrico - μm - (DMV) das pontas JA-1, JA-2, JA-5 e TVI nas pressões de 420, 630 e 1000 kPa

Pontas	Pressão (kPa)		
	420	630	1000
JA-1	192,20 cA	146,62 dA	165,47 cA
JA-2	182,32 cB	324,85 cA	236,00 cAB
JA-5	434,12 bB	724,10 aA	454,32 bB
TVI-8003	832,95 aA	504,80 bB	868,27 aA

As médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Médias de interação da densidade de gotas - N cm^{-2} - (DG) das pontas JA-1, JA-2, JA-5 e TVI nas pressões de 420, 630 e 1000 kPa

Pontas	Pressão (kPa)		
	420	630	1000
JA-1	281,50 aA	114,47 bB	235,30 aAB
JA-2	257,77 aA	369,50 aA	278,97 aA
JA-5	262,55 aA	191,02 bA	289,45 aA
TVI-8003	103,60 bA	143,22 bA	156,95 aA

As médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 5. Médias de interação da amplitude relativa (AR) das pontas JA-1, JA-2, JA-5 e TVI nas pressões de 420, 630 e 1000 kPa

Pontas	Pressão (kPa)		
	420	630	1000
JA-1	0,95 aB	0,65 bB	1,52 aA
JA-2	0,92 aA	1,25 aA	1,20 aA
JA-5	1,22 aA	1,05 abA	1,10 aA
TVI-8003	1,07 aA	1,45 aA	1,17 aA

As médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

maior também será a faixa de tamanho das gotas pulverizadas, sendo que os valores de DMV e AR devem ser analisados em conjunto com vista à caracterização da pulverização; quando analisado isolado, o DMV fornece um valor de referência sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor.

Observa-se uma interação significativa para ponta e pressão para o potencial risco de deriva (Tabela 6) entre as pontas JA-1 e JA-2 e entre as pontas JA-5 e TVI na pressão de 420 kPa. As pontas JA-1 e JA-2 foram relativamente mais sujeitas à deriva; portanto, seu uso deve ser feito com critério evitando-se situações adversas. A ponta TVI na pressão de 1000 kPa foi a única que diferiu estatisticamente entre as pontas avaliadas. Cunha & Pereira (2009) ressaltam que a ponta de jato cônico vazio possui eficiência na deposição de gotas; apesar disto, deve-se chamar a atenção para o potencial risco de deriva ocasionado pelas gotas muito finas, geradas por esta ponta.

Tabela 6. Médias de interação do potencial risco de deriva - (%) - (PRD) das pontas JA-1, JA-2, JA-5 e TVI, nas pressões de 420, 630 e 1000 kPa

Pontas	Pressão (kPa)		
	420	630	1000
JA-1	24,77 aB	57,72 aA	35,80 aB
JA-2	35,92 aA	8,57 bB	15,47 bB
JA-5	5,60 bA	1,02 bA	4,40 bcA
TVI-8003	1,25 bA	4,30 bA	1,05 cA

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Conclusões

A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas foi influenciada pela pressão do líquido.

As pontas de jato cônico vazio apresentaram distribuição volumétrica bastante variável quando submetidas às pressões de trabalho.

Todas as pontas estudadas devem ser utilizadas com critério em virtude de apresentarem problemas de risco à deriva.

A ponta com indução de ar obteve a menor densidade de gotas.

Literatura Citada

American Society of Agricultural Engineering - ASAE. Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph: ASAE, 2000. p. 389-391. (ASAE Standard S572 AUG99). <http://www.dropdata.net/bcpc_ewg/X572_draft.pdf>. 02 Abr. 2014.

Câmara, F. T. da; Santos, J. L.; Silva, E. A.; Ferreira, M. C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida xr11003. Engenharia Agrícola, v.28, n.4, p.740-749, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000400014>>.

- Chapple, A. C.; Hall, F. R.; Bishop, B. L. Assessment of single nozzle patternation and extrapolation to moving booms. *Crop Protection*, v.12, n.1, p.207-213, 1993. <[http://www.dx.doi.org/10.1016/0261-2194\(93\)90110-5](http://www.dx.doi.org/10.1016/0261-2194(93)90110-5)>.
- Christofoletti, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. São Paulo: Teejet, 1999. 15p. (Boletim Técnico 4). <<http://www.teejet.com.br>>. 02 Abr. 2014.
- Cross, J. V.; Walklate, P. J.; Murray, R. A.; Richardson, G. M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. *Crop Protection*, v.20, n.4, p.333-343, 2001. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00163-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00163-0)>.
- Cunha, J. P. A. R.; Pereira, R. G. Efeito das pontas e volumes de pulverização no controle químico da doença do milho. *Revista Ciência Agrônoma*, v.40, n.4, p.533-538, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/285/37902>>. 05 Abr. 2014.
- Cunha, J. P. A. R., Silva, R. A. de M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. *Bioscience Journal*, v.26, n.1, p.52-58. 2010. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7034/4663>>. 04 Abr. 2014.
- Cunha, J. P. A. R.; Ruas, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano com indução de ar. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.36, n.1, p.61-66, 2006. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226663001>>. 02 Abr. 2014.
- Cunha, J. P. A. R.; Teixeira, M. M.; Coury, J. R. E.; Ferreira, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxico em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha*, v.21, n.2, p.325-332, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200019>>. 04 Abr. 2014.
- Cunha, J. P. A. R.; Teixeira, M. M.; Vieira, R. F.; Fernandes, H. C. Uniformidade de distribuição de líquido por bicos de pulverização de jato plano e de jato cônico vazio. *Engenharia na Agricultura*, v.12, n.3, p.192-202, 2004. <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/vol12/v12n3p192-202.pdf>>. 04 Abr. 2014.
- Knewitz, H.; Weisser, P.; Koch, H. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. *Aspects of Applied Biology*, v.66, n.special, p.231-236, 2002. <[http://www.agrarinfo.rpl.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/EBB8C1E40B83073AC1256F32002DF505/\\$FILE/DriftReducing.pdf](http://www.agrarinfo.rpl.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/EBB8C1E40B83073AC1256F32002DF505/$FILE/DriftReducing.pdf)>. 04 Abr. 2014.
- Miller, P. C. H.; Ellis, M. C. B. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop Protection*, v.19, n.1, p.609-615, 2000. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00080-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00080-6)>.