

Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de jato cônico vazio DDC2 novas e usadas

Volumetric distribution and droplet spectrum of new and used standard hollow cone by spray nozzles

Edney Leandro da Vitória^{1*}, Francisco de Castro Rocha Neto², Krsthiano Chagas³, Mauri Martins Teixeira⁴, André Luis da Silva Quirino⁵, Humberto Santiago⁶

Resumo - A aplicação eficiente de defensivos agrícolas, sem prejuízos ao meio ambiente, depende de uma série de fatores, sendo um deles a utilização de pontas de boa qualidade. Objetivou-se com este trabalho avaliar a vazão, a distribuição volumétrica e o espectro de gotas das pontas de pulverização hidráulica novas e usadas sob diferentes condições operacionais. A distribuição volumétrica foi determinada em bancada de ensaios padronizada utilizando pressões de 400, 600 e 800 kPa, altura de 0,50 m em relação à bancada e espaçamento entre pontas de 0,50 m. Em ambiente controlado, avaliou-se o espectro de gotas, por meio de um analisador a laser de gotas em tempo real, nas pressões de 400, 600 e 800 kPa. As médias das vazões proporcionadas pelas pontas em uma mesma pressão foram significativamente diferentes na pressão de 800 kPa entre pontas novas e usadas, sendo respectivamente 0,85 e 0,97 L min⁻¹. As pontas usadas apresentaram vazão 10% acima daquela informada pelo fabricante. O coeficiente de variação da distribuição indicou que as melhores distribuições ocorrem para pontas novas com pressão de trabalho não superior a 400 kPa. Houve diferença significativa da vazão na pressão de 800 kPa entre pontas novas e usadas, sendo respectivamente 0,85 e 0,97 L min⁻¹.

Palavras-chave - Tecnologia de aplicação. Tamanho de gotas. Pressão de trabalho.

Abstract - The efficient application of pesticides without harming the environment depends on a number of factors, one of them being the use of nozzles quality. This study aimed to evaluate the distribution profile and droplet spectra of new and used low drift spray nozzles under different operational conditions. The volumetric distribution was determined on a test table at 400, 600 and 800 kPa pressures, height of 0,50 m in relation to the patternator and nozzle spacing from 0,50 m. In a controlled environment, droplet spectrum, using a real time laser particle size analyzer, was measured with the operating pressure of 400, 600 and 800 kPa. Analyzing the results of the mean flow provided by spray nozzles, for the same pressure, there was a significant difference in pressure between 800 kPa new and used nozzles, respectively 0.85 and 0.97 L min⁻¹. The flow values found for the spray nozzles used had flow 10% above that reported by the manufacturer. The coefficient of variation of the distribution indicated that the best distributions occur with new spray nozzles for working pressure not exceeding 400 kPa. There were significant differences in the flow pressure of 800 kPa between new and used nozzles, being respectively 0.85 and 0.97 L min⁻¹.

Key words - Application technology. Droplet size. Work pressure.

* Autor correspondente.

Enviado para publicação em 19/12/2013 e aprovado em 30/09/2014.

¹Professor Adjunto, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, São Mateus, ES, Brasil, edney.vitoria@ufes.br

²Mestre em Agricultura Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, São Mateus ES, Brasil, chicoceunes@hotmail.com

³Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, krsthianoc@gmail.com

⁴Professor Associado, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, mauri@ufv.br

⁵Pós-doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, andrelquirino@hotmail.com

⁶Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, humsantia@yahoo.com.br

Introdução

As pontas de pulverização são consideradas os principais componentes da pulverização hidráulica, pois promovem características que asseguram melhor segurança e efetividade no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. O sucesso na aplicação de produtos químicos ocorre quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal uniforme, espectro de gotas semelhante e de tamanho adequado (VIANA *et al.*, 2010).

É provável que mesmo utilizando a aplicação em volume baixo, a distribuição uniforme de um determinado diâmetro e o número de gotas possibilitem o sucesso da operação, desde que as pontas utilizadas estejam em perfeita condição de uso (FERNANDES *et al.*, 2010).

A qualidade da aplicação de defensivos agrícolas utilizando pulverizadores somente é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição volumétrica e espectro de gotas uniforme adequados. No caso de serem produzidas gotas muito grossas, não ocorre boa cobertura da superfície, tampouco boa uniformidade de distribuição e deposição. Essas gotas, em razão do peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo (SILVEIRA *et al.*, 2006).

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 ou serem levadas pela corrente de ar. Alguns pesquisadores consideram que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY *et al.*, 2000).

A uniformidade de distribuição volumétrica das gotas da calda é uma característica que serve de referência para verificar a distribuição do ingrediente ativo no alvo. Essa uniformidade é diretamente alterada pelo espaçamento entre pontas, pressão de trabalho, altura da barra em relação ao alvo e ângulo de abertura do jato das pontas de pulverização. A uniformidade da distribuição é aferida pelo coeficiente de variação da sobreposição da deposição de um conjunto de pontas em uma barra (BAUER; RAETANO, 2004).

A distribuição desuniforme de calda, abaixo do volume mínimo exigido, produz controle insuficiente, e quantidades acima causam perdas financeiras, intoxicação nas culturas e danos ao ambiente (MION *et al.*, 2011).

A determinação do espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização é imprescindível para a aplicação de defensivos agrícolas. A partir dessa

informação, efetua-se a escolha da ponta de acordo com o potencial de deriva, as características do herbicida e os riscos de volatilização e escorrimento de calda nas folhas das plantas daninhas. Os fatores que influenciam o espectro de gotas produzidas por determinada ponta de pulverização são: vazão nominal, ângulo de descarga, pressão de operação, propriedades da calda e tipo de ponta de pulverização (CUNHA *et al.*, 2007).

Os parâmetros de maior importância para a determinação da população de gotas são o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm . Quanto maior o valor da amplitude relativa, maior é a faixa de tamanho das gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude relativa que tende a zero. Os valores de DMV e AR devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV é um valor de referência e não determina a dispersão dos dados em torno do valor (CUNHA *et al.*, 2007).

As pontas usadas com vida útil acima da sugerida pelo fabricante podem influenciar na qualidade da aplicação de defensivos agrícolas. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a vazão, a distribuição volumétrica e o espectro de gotas das pontas de pulverização hidráulica novas e usadas sob diferentes condições operacionais.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas e no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, em julho de 2012.

Foram avaliadas pontas de pulverização hidráulicas novas e usadas do tipo jato cônico vazio, fabricadas pela Magno Jet, série DDC2, disco difusor nº 31, confeccionados em poliacetil com núcleo de cerâmica a 99% de teor de alumina, indicadas para aplicações de fungicidas e inseticidas com pressão superior a 300 kPa.

Na avaliação do espectro de gotas, os tratamentos foram distribuídos em delineamento ao acaso, em esquema fatorial 2x3, sendo duas condições de uso de ponta (nova - 0h de trabalho e usada - 1.800 h de trabalho, valor pelo menos três vezes maior do que o sugerido pelos principais fabricantes), três pressões de trabalho (400, 600, 800 kPa) e seis repetições por tratamento. As seguintes variáveis foram analisadas: $D_{v0,1}$ - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, $D_{v0,5}$ - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido

pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro mediano volumétrico, $D_{v0,9}$ - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, amplitude relativa.

Utilizou-se um analisador de gotas em tempo real para determinação do espectro de gotas da população. Empregou-se o equipamento *Spraytec® (Malvern Spraytec Real Time Droplet Sizing System)*, com diâmetro do feixe do laser de 10 mm, lente focal de 200 mm, comprimento de onda do laser de 670 nm e ponte óptica de base longa. Inicialmente, verificou-se o alinhamento do feixe óptico para garantir o seu correto posicionamento no sistema detector; monitorou-se o sistema de fundo, segundo plano, medida da luz desviada no sistema óptico e da contaminação das janelas por partículas; e procedeu-se à calibração do aparelho, utilizando-se o retículo-padrão RS-3, aprovado pelo *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, para calibração de instrumentos de análise de partículas baseados na técnica da difusão do laser. De acordo com o fabricante, o instrumento apresenta 3% de acurácia e 1% de precisão quando se utiliza o retículo-padrão.

Durante a determinação do espectro de gotas, utilizou-se um equipamento de pulverização costal de pressão constante (CO_2), montado de tal forma que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso do analisador. Isso permitiu a obtenção direta do espectro de gotas para cada condição desejada. O bico de pulverização ficou posicionado 0,50 m acima do feixe óptico.

Na determinação da densidade de gotas, utilizou-se igualmente um equipamento de pulverização costal de pressão constante (CO_2). As análises foram realizadas a partir das impressões das gotas em etiquetas de papel hidrossensível, com dimensões de 2,5x7,5 cm. Foram colocadas seis etiquetas dispostas ao longo da faixa de aplicação e transversalmente à direção de avanço. Para melhor visualização das gotas e maior contraste entre elas e as etiquetas, utilizou-se um corante preto (Tingecor Preto 31) dissolvido na água de pulverização, na concentração de 1.500 mg L⁻¹. Trabalhou-se com altura do bico em relação às etiquetas amostradoras de 0,50 m. Após a passagem do pulverizador, a uma velocidade de 1,5 m s⁻¹, as etiquetas foram fotografadas com câmera digital, com resolução de 22 µm pixel⁻¹, e analisadas por meio do programa computacional *Image Tool* versão 3.0. No estudo de densidade, determinou-se o número de gotas por centímetro quadrado de área-alvo.

Todos os ensaios foram realizados em ambiente protegido. As condições ambientais foram: temperatura do ar inferior a 28°C, umidade relativa do ar superior a

50% e ausência de ventos. Os manômetros utilizados, com capacidade nominal de 2.059,4 kPa (21 kgf cm⁻²) e resolução de 98,1 kPa (1 kgf cm⁻²), foram previamente calibrados por meio de uma estrutura de reação dotada de massas-padrão.

Para determinação da distribuição volumétrica das pontas novas e usadas, utilizou-se uma barra portabicos sobre uma mesa de teste para pontas de pulverização hidráulica, composta por canaletas em V, separadas entre si em 0,05 m, padronizadas de acordo com a norma ISO 5682/1.

Foram utilizadas seis unidades de cada ponta, instaladas isoladamente no centro da mesa, de modo que o jato fosse lançado na posição vertical. Para cada ponta, realizaram-se cinco amostragens. Durante 60 segundos, foi coletado o líquido em provetas graduadas, alinhadas com cada canaleta ao longo da faixa de deposição.

Com base nos volumes médios coletados nas repetições, em cada tratamento, foram determinados os perfis de distribuição volumétrica de cada ponta, com posterior simulação do padrão médio de distribuição volumétrica ao longo da barra de pulverização, o qual foi determinado em planilha eletrônica, conforme realizado por Freitas *et al.* (2005). Trabalhou-se com altura da barra de 0,50 m em relação à bancada, espaçamento entre pontas de 0,50 m e pressões de 400, 600 e 800 kPa.

Por ocasião da análise do perfil de distribuição volumétrica, foi realizada a coleta de líquido de cada ponta em 60 segundos para se avaliar a vazão. Os dados de vazão serviram para calcular o volume de calda gasto em uma situação hipotética com deslocamento de 5 km h⁻¹ e altura de 0,50 m do alvo.

A análise da distribuição volumétrica das pontas de pulverização foi realizada pelo cálculo do coeficiente de variação da sobreposição dos jatos; os dados de espectro de gotas e vazão foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O *software* R versão 3.0.2 (2013) foi utilizado na análise dos dados.

Resultados e discussão

Na Figura 1, são apresentados os perfis de distribuição volumétrica das pontas de pulverização avaliadas, trabalhando isoladamente em diferentes pressões e mesma altura de 0,50 m. As pontas apresentaram perfil característico, influenciado pela vazão nominal, altura da barra e pressão de trabalho. De maneira geral, elas proporcionaram perfis irregulares, que dificulta a boa uniformidade de distribuição volumétrica na sobreposição

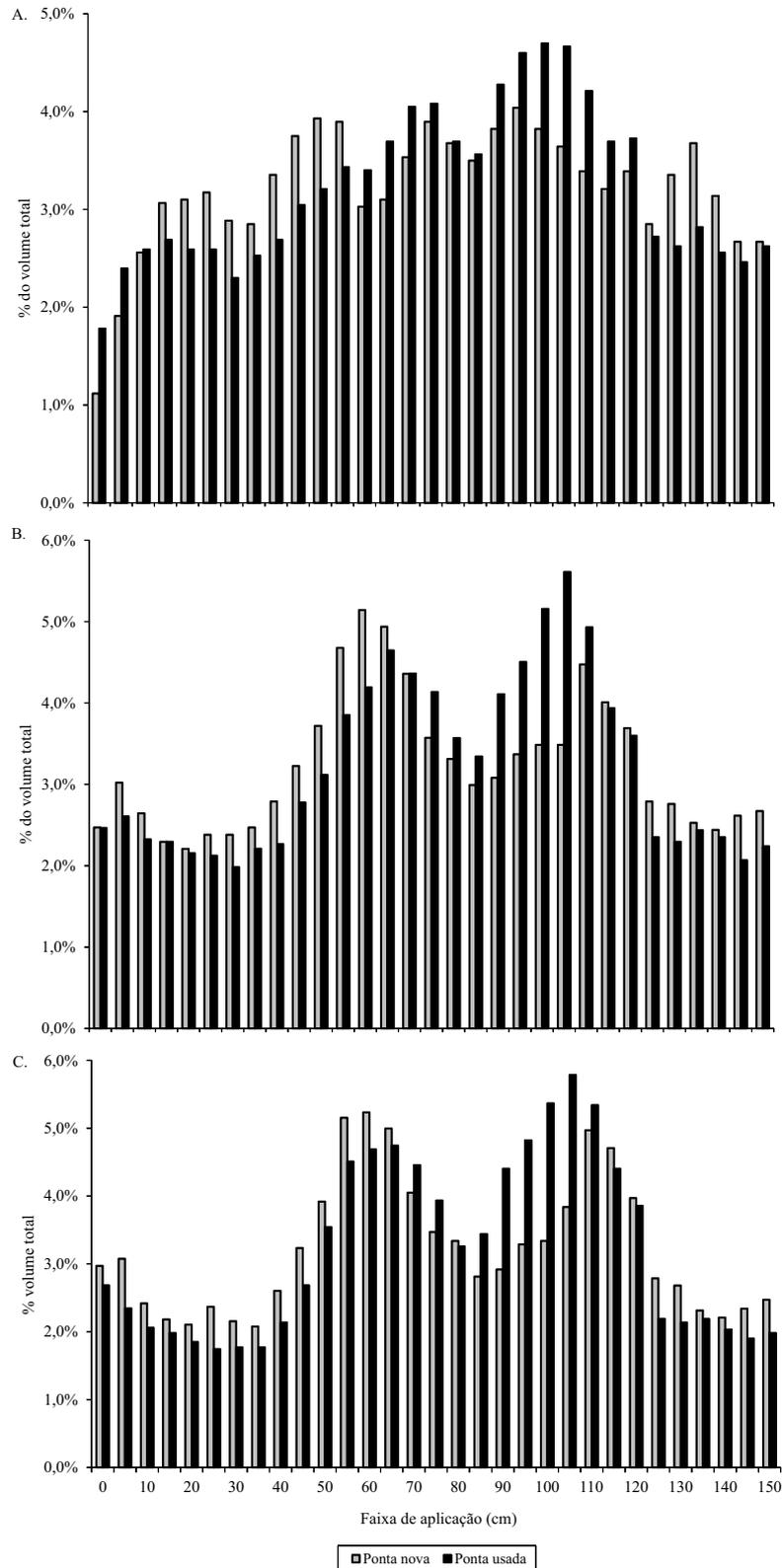


Figura 1 - Perfis de distribuição volumétrica produzidos pela ponta hidráulica de jato cônico vazio em três pressões de trabalho. (A) Pressão de 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

Figure 1 - Profiles of volumetric distribution produced by hydraulic hollow cone tip in three working pressures. (A) Pressure of 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

dos jatos adjacentes. O incremento da pressão de trabalho promoveu aumento da depressão da zona central do perfil.

Cobertura uniforme pressupõe distribuição volumétrica adequada do líquido pulverizado, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial do conjunto de pontas. Tal distribuição depende do perfil de distribuição de cada ponta trabalhando isoladamente. O perfil deve ser tal que permita, quando houver a sobreposição, uma cobertura uniforme.

As pontas proporcionaram tamanho de gotas semelhante e o mesmo comportamento. À medida que se aumentou a pressão, reduziu-se o tamanho de gota. Viana *et al.* (2010) verificaram o mesmo comportamento em relação à distribuição volumétrica de pontas cônicas de baixa deriva.

Cunha *et al.* (2007) compararam o coeficiente de variação simulado e medido em bancadas de ensaio de forma semelhante. Trabalhando com pontas de jato plano, concluíram que a simulação nem sempre representa de forma correta a uniformidade de distribuição. É preciso verificar experimentalmente a relação existente entre o coeficiente de variação simulado e o medido em laboratório.

Na Tabela 1, tem-se a vazão e o coeficiente de variação médio da distribuição volumétrica das pontas, novas e usadas, em função da pressão de trabalho e 0,50 m de altura da barra porta-bicos. Analisando os resultados das médias das vazões proporcionadas pelas pontas, para mesma pressão, houve diferença significativa na pressão de 800 kPa entre pontas novas e usadas, sendo respectivamente 0,85 e 0,97 L min⁻¹. Os valores de vazão encontrados para pontas usadas apresentaram vazão 10% acima dos valores informados pelo fabricante.

Siqueira e Antuniassi (2011), trabalhando com inspeção de pulverizadores, observaram que as falhas no

processo de pulverização de maior frequência ocorreram na adequação do manômetro, no estado e na conservação das pontas de pulverização e calibração com erros maiores de 50% da taxa de aplicação desejada. Dados semelhantes também foram obtidos por Silveira *et al.* (2006), que constataram desgaste de 34% das pontas. Gandolfo *et al.* (2013) observaram que das 20 máquinas avaliadas somente duas unidades (10%) encontravam-se em estado adequado de uso, e as demais se apresentavam obstruídas ou desgastadas.

Em relação ao coeficiente de variação, observaram-se diferenças significativas entre as pontas novas e usadas nas três pressões analisadas. Os resultados indicam que à medida que a pressão de trabalho aumenta a vazão das pontas usadas também aumenta, e, independentemente da pressão, a qualidade da distribuição volumétrica é comprometida quando se utilizam pontas usadas, especialmente aquelas com horas de utilização acima do recomendado pelo fabricante.

Analisando-se o coeficiente de variação da distribuição conjunta, é possível verificar que as melhores condições de trabalho ocorreram para pontas novas com pressão de trabalho não superior a 400 kPa para a altura da barra porta-bicos estudada, levando-se em conta o limite máximo aceitável do coeficiente de variação de 15%, proposto por Azimiet *al.* (1985).

De acordo com Antuniassi e Boller (2011), o coeficiente de variação é excelente indicador de desgaste das pontas de pulverização. As pontas usadas extrapolam esse limite e não devem ser usadas, independentemente da pressão de trabalho, em razão do desgaste que sofreram pelo tempo de uso. Borghiet *al.* (2003), relatando a qualidade de pulverizadores em pequenas propriedades, constataram que o coeficiente de variação das pontas ensaiadas para distribuição do produto atingiu índices superiores ao estabelecidos pela FAO, que preconiza coeficiente de variação inferior a 10%.

Tabela 1 - Vazão e coeficiente de variação da distribuição volumétrica de pontas de pulverização jato cônico vazio, medido em mesa de prova, em função da pressão do líquido a 0,50 m de altura da barra porta-bicos

Table 1 - Flow and coefficient of variation of the volumetric distribution of nozzles hollow cone, measured in the test table, as function on the pressure of the liquid to 0.50 m in height from the door-bar nozzles

Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)		Coeficiente de variação (%)	
	Ponta nova	Ponta usada	Ponta nova	Ponta usada
400	0,62 cA	0,69 cA	14,5 cA	24,5 cB
600	0,76 bA	0,86 bA	22,5 bA	33,5 bB
800	0,85 Aa	0,97 aB	30,4 aA	40,6 aB

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, nas linhas, e minúscula, nas colunas, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same capital letter, in lines, and tiny, in columns, do not differ significantly at 5% probability by Tukey test.

Cunha *et al.* (2004) verificaram melhor uniformidade de distribuição em maiores pressões; segundo eles, para a ponta MAG 2, as melhores condições ocorreram a 300 kPa de pressão e 50 cm de altura. Oliveira *et al.* (2011) encontraram as melhores condições de trabalho para pontas de jato plano em pressões próximas a 300 kPa e altura de barra de 50 cm. Entretanto, não se pode generalizar uma condição ótima para todas as pontas. Cada tipo deve ter sua condição ideal de trabalho analisada.

Bauer e Raetano (2004) concluíram que a maioria dos pulverizadores avaliados no estado do Mato Grosso utilizava pontas de pulverização que já deveriam ter sido substituídas por apresentarem variação da vazão superior aos limites.

Nas Figuras 2 e 3, são apresentadas as distribuições das gotas por classe de tamanho para pulverização com as pontas de jato cônico novas e usadas, em diferentes pressões. A inclinação da curva de volume acumulado define tais distribuições. Uma pulverização hipotética com gotas de mesmo tamanho seria representada nos gráficos por linha vertical. De acordo com Cunha *et al.* (2004), quanto mais inclinada a curva, menor a variação do tamanho das gotas geradas.

Os diâmetros medianos volumétricos ($D_{v0,5}$) variaram de 161,9 a 204,7 μm quando utilizadas as pontas novas, e 180,2 a 243,6 μm nas pontas usadas (Tabela 2). Em razão da elevada percentagem de gotas finas (diâmetro inferior a 100 μm), suscetíveis à deriva e ao padrão de deposição típico, a utilização de pontas de jato cônico vazio pode ocasionar perda por deriva, fenômeno que pode ser diminuído com o uso de adjuvantes. Valores semelhantes foram encontrados por Bueno *et al.* (2013) ao avaliarem a deposição de calda pulverizada na cultura da batata e o espectro de gotas promovidos pela aplicação terrestre usando pontas jato cônico vazio. Thebaldi *et al.* (2009) avaliaram a eficiência da adição de adjuvante na calda de aplicação na redução da deriva usando pontas de jato cônico vazio e concluíram que a adição de adjuvante à calda é eficiente em relação à diminuição do risco de deriva.

As pontas novas e usadas apresentaram espectro de gotas semelhantes. Os diâmetros característicos das gotas ($D_{v0,1}$, $D_{v0,5}$ e $D_{v0,9}$) diminuíram com o incremento da pressão, e seus valores foram significativamente diferentes entre pontas novas com usadas. No entanto, $D_{v0,1}$ não apresentou diferença significativa em relação à variação da pressão, o $D_{v0,5}$ apresentou maior valor à pressão de 400 kPa tanto para pontas novas quanto para pontas usadas, enquanto às pressões de 600 e 800 kPa não apresentaram diferença significativa. O $D_{v0,9}$ é a característica mais influenciada pela variação de

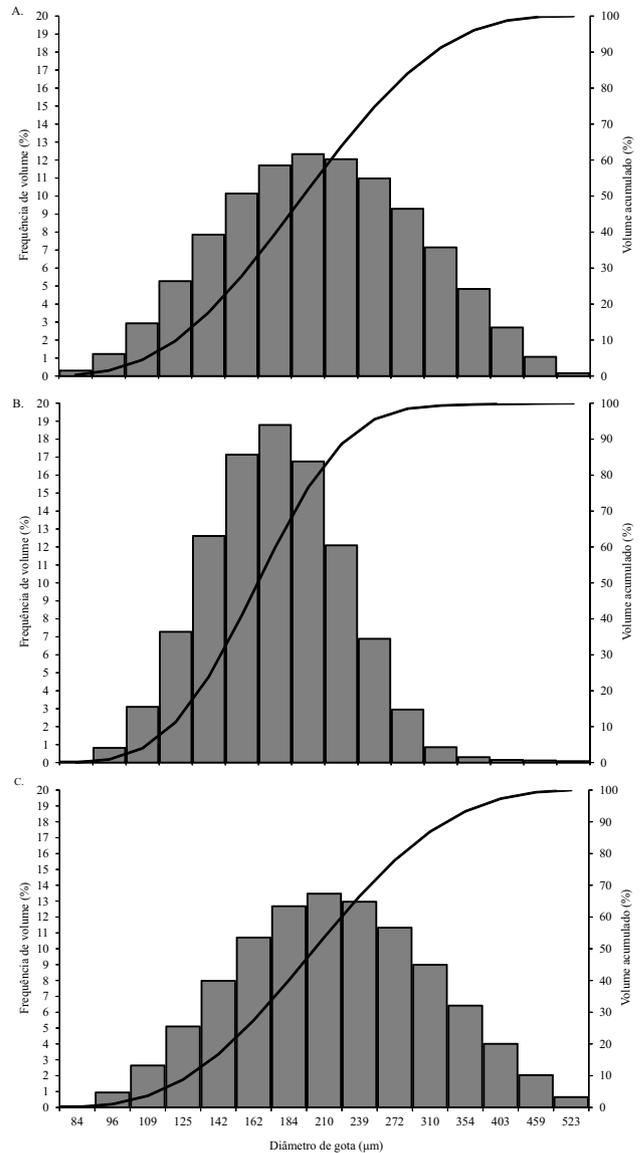


Figura 2 - Espectro de gotas pulverizadas com as pontas hidráulicas de jato cônico vazio, novas e em diferentes pressões de trabalho. (A) Pressão de 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

Figure 2 - Droplet spectrum of standard hollow cone spray nozzles in different pressures cone drops. (A) Pressure of 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

pressão, sendo seu maior valor encontrado na pressão de 400 kPa, 401,1 e 446,9 kPa para pontas novas e usadas, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha *et al.* (2004), que, estudando pontas de jato cônico, verificaram diminuição dos valores característicos com o aumento da pressão.

Variações no tamanho das gotas provenientes de bicos de jato cônico vazio com a variação da pressão

Tabela 2 - Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas pulverizadas com pontas jato cônico novas e usadas, em diferentes pressões**Table 2**- Volumetric distribution by size class and relative amplitude of new and used droplets of tips, at different pressures

Pressão (kPa)	$D_{v0,1}$		$D_{v0,5}$		$D_{v0,9}$		SPAN	
	Nova	Usada	Nova	Usada	Nova	Usada	Nova	Usada
400	125,5aA	146,7bA	204,7aA	243,6bA	401,1aA	446,9bA	1,27aA	2,22Ba
600	122,4aA	139,9bA	164,5aB	183,5bB	375,5aB	423,5bB	1,34aA	2,29bA
800	119,7aA	132,4bA	161,9aB	180,2bB	344,0aC	400,0bC	1,39aA	2,27bA

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

Means followed by the same capital letter, in lines, and tiny, in columns, do not differ significantly at 5% probability by Tukey test. SPAN: relative amplitude.

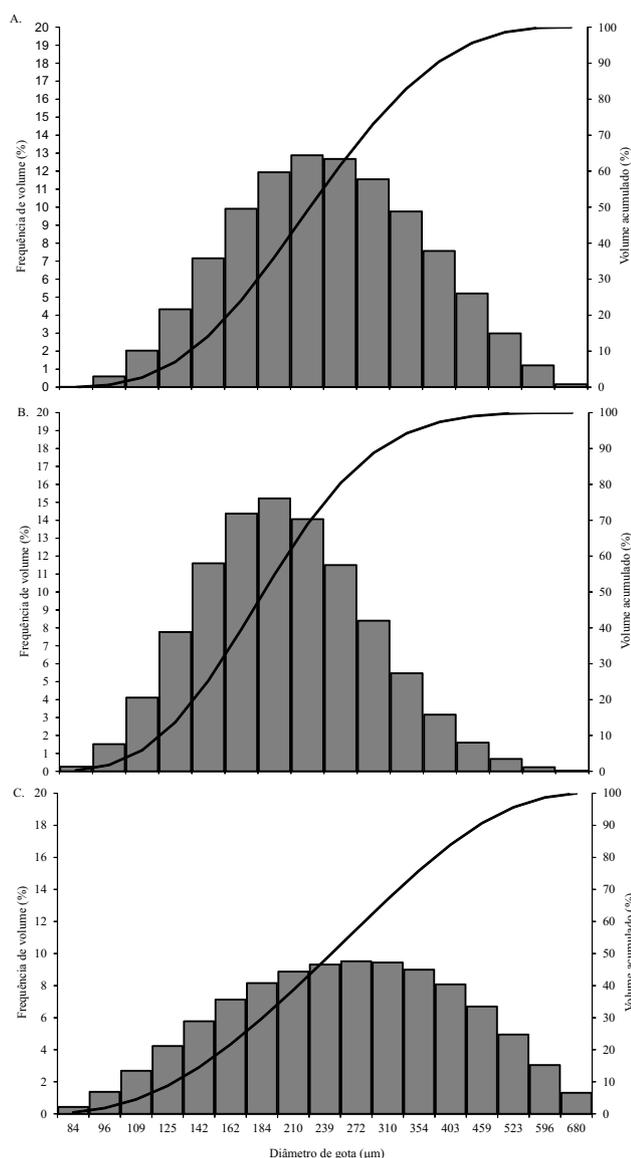


Figura 3 - Espectro de gotas pulverizadas com as pontas hidráulicas de jato cônico vazias, usadas e em diferentes pressões de trabalho. (A) Pressão de 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

Figure 3 - Droplet spectrum of standard hollow cone spray nozzles used in different pressures. (A) Pressure of 400 kPa, (B) 600 kPa, (C) 800 kPa.

do líquido também foram observadas por Scudeler e Raetano (2006). As pontas jato cônico se caracterizam por apresentarem faixa operacional de pressão maior. Portanto, para obter variações de tamanho de gotas, deve-se aumentar muito a pressão, fato que não é desejável em razão do desgaste do equipamento de pulverização.

Em relação à amplitude relativa, observa-se que seu valor aumenta com o incremento da pressão, independentemente do estado da ponta (Tabela 2). Os valores de AR são maiores nas pontas usadas. Quanto maior o valor de amplitude relativa maior será a faixa de tamanho de gotas pulverizadas. Espectro de gotas homogêneas tem valor de amplitude relativa tendendo a zero. Em todas as pressões, o valor de amplitude relativa para pontas usadas é significativamente maior, o que denota que a distribuição do tamanho de gotas é menos homogênea para pontas usadas quando comparada às novas. Segundo Christofletti (1999), os valores de $D_{v0,5}$ e SPAN devem ser analisados conjuntamente para caracterização da pulverização. Isoladamente, o $D_{v0,5}$ fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor.

Na Tabela 3, são apresentadas as densidades de gotas. As pontas de jato cônico usadas apresentaram menor valor de densidade de gotas depositadas sobre o alvo, quando comparadas com as pontas novas, em decorrência do desgaste devido ao tempo de uso.

Independentemente do estado da ponta, não foi observada diferença significativa da densidade de gotas em função do incremento da pressão de trabalho (Tabela 3). Nas pressões de 600 e 800 kPa, observa-se uma diferença significativa da densidade de gotas entre as pontas novas e usadas. A densidade de gotas não deve ser analisada isoladamente para definir a qualidade de pulverização; a uniformidade de distribuição de gotas deve ser estudada paralelamente, pois uma boa distribuição depende da análise conjunta desses fatores (OLIVEIRA *et al.*, 2011; VIANA *et al.*, 2010; CUNHA *et al.*, 2007; FREITAS *et al.*, 2005).

Tabela 3 - Densidade de gotas proporcionada por pontas de pulverização novas e usadas, em diferentes pressões e velocidade de deslocamento de 1,5 m s⁻¹

Table 3 - Density of drops provided by new tips and spray used in different pressure and forward speed of 1.5 m s⁻¹

Pressão (kPa)	Densidade de gotas (nº gotas cm ⁻²)	
	Ponta nova	Ponta usada
400	250 aA	244 aA
600	261 aA	250 bA
800	280 aA	266 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas linhas, e maiúscula, nas colunas, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same capital letter; in lines, and tiny, in columns, do not differ significantly at 5% probability by Tukey test.

Conclusões

O incremento da pressão de trabalho promove aumento da depressão da zona central do perfil de gotas não importa o tempo de uso da ponta de pulverização.

Independentemente da pressão, a qualidade da pulverização é comprometida quando se utilizam pontas usadas, fato evidenciado pelos valores de espectro de gotas encontrados.

As pontas usadas proporcionam maiores vazões em relação às pontas novas, e a densidade de gotas é alterada quando se utiliza pontas usadas.

Literatura científica citada

- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu: FEPAF, 2011. 88p.
- AZIMI, A. H.; CARPENTER, T. G.; REICHARD, D. L. **Nozzle spray distribution for pesticide application**. Transactions of the ASAE, Joseph, v. 28, p. 1410-14, 1985.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Revista Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.
- BORGHI, E.; SCHREINER, R. C.; RAMOS, H. H., FILHO, A. P.; YANAI, K. Qualidade de pulverizadores utilizados em pequenas propriedades. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 113-121, 2003.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A.; ALVES, G. S. Deposição de calda na aplicação aérea e terrestre de fitossanitário na cultura da batata. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p.1210-1222, 2013.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet, 1999. 15p.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.esp., p.10-15, 2007.
- FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 130-135, 2010.
- FREITAS, F. C. L.; TEIXEIRA, M. M.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização Turbo Teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Revista Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.
- GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. D.; RODRIGUES, E. B.; ADEGAS, F. S.. Periodic inspection of sprayers: diagnostic to the northern of Paraná. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p. 411-421, 2013.
- MION, R. L.; SOMBRA, W. A.; DUARTE, J. M. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; VILIOTTI, C. A.; LUCAS, F. C. B.; MONTE, C. A. Uso de mesa vertical como parâmetro para regulagens de turboatomizadores. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 352-358, 2011.
- 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**, v. 75, n. 2, p. 127-37, 2000.
- OLIVEIRA, V. A. B.; OLIVEIRA, G. M.; GIGLIOTTI, E. A.; IGARASHI, W. T.; SAAB, O. J. G. A. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicidas em cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 4, n. 3, p.111-122, 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 16 nov. 2013.
- SCUDELER, F.; RAETANO, C.G. Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. **Scientia Agrícola**, v. 63, n. 6, p.515-521, 2006.
- SILVEIRA, J. C. M.; GABRIEL FILHO, A.; PEREIRA, J. O.; Silva, S. L.; MODOLO A. J. Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do Paraná. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 569-573, 2006.
- SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, v.26, n.4, p.92-100, 2011.

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F.; GRATÃO, P. T.; SANTANA, M. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 18, n. 2, p. 1-6, 2009.

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