

# Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub><sup>1</sup>

Raul Rodolfo Francischetti Gabriel<sup>2</sup>, Fábio Henrique Rojo Baio<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Interaction between pressure and drop size under electronic instrumentation on a pressurized CO<sub>2</sub> sprayer

The most popular agricultural sprayer used to determine the effectiveness and dosage of pesticides is the backpack sprayer pressurized by CO<sub>2</sub>, which allows the application of small volumes of pesticides, on the exact amount needed in experimental plots with small areas. However, these sprayers cannot keep the working pressure for a long application time, affecting the application rate and drop size. This study aimed at evaluating the pressure changes on the hydraulic circuit of a backpack sprayer pressurized by CO<sub>2</sub> and the influence of the tank spraying volume over the drop size and application rate. Pressure transducers were mounted on the hydraulic pressure circuit, the electrical signals were recorded by a data monitor and the drop size was measured with the aid of water sensitive paper. There was a reduction on the hydraulic circuit pressure of the sprayer, during the spraying, despite the volume used in the tank. The highest pressure variation occurred with the application rate of 100.0 L ha<sup>-1</sup>, followed by 150.0 L ha<sup>-1</sup> and 200.0 L ha<sup>-1</sup>. Thus, the lowest application rate, the highest was the pressure variation, independently of the tank volume. The drop size increased according to the pressure reduction on the hydraulic circuit.

KEY-WORDS: Agricultural machinery; crop spraying; pesticides.

## RESUMO

O pulverizador agrícola mais utilizado para determinar a eficiência e dosagens de agrotóxicos é o do tipo costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, que permite a aplicação de pequenos volumes de agrotóxicos, exatamente na quantidade necessária para a aplicação em parcelas experimentais com áreas pequenas. Entretanto, estes pulverizadores não conseguem manter a pressão de trabalho por muito tempo de aplicação, ocasionando variação no volume de aplicação e no tamanho de gotas. Este trabalho objetivou avaliar a variação da pressão no circuito hidráulico de um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> e a influência do volume de calda no reservatório sobre o tamanho de gotas e o volume de aplicação. Utilizaram-se transdutores de pressão instalados no circuito de pressão hidráulica, os sinais elétricos foram gravados por um coletor de dados e o tamanho de gotas foi medido com o auxílio de papéis hidrossensíveis. Verificou-se que, durante a aplicação, houve diminuição da pressão no circuito hidráulico do pulverizador, independentemente do volume de calda no reservatório. A maior variação de pressão ocorreu com o volume de aplicação de 100,0 L ha<sup>-1</sup>, seguido de 150,0 L ha<sup>-1</sup> e 200,0 L ha<sup>-1</sup>. Assim, quanto menor o volume de aplicação, maior foi a variação da pressão, não importando o volume de calda. O tamanho das gotas geradas aumentou com a diminuição da pressão do circuito hidráulico.

PALAVRAS-CHAVE: Máquinas agrícolas; pulverização agrícola; agrotóxicos.

## INTRODUÇÃO

Uma das etapas fundamentais, para o registro de uma molécula de agrotóxico pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é a sua experimentação em condição de campo, com testes de validação de eficiência, no controle do alvo biológico. Nesta etapa, também é determinada a dosagem do produto, para o controle efetivo, por meio de vários experimentos que são conduzidos em diversas condições agrícolas brasileiras, nos quais são feitas aplicações desta molécula, em parcelas experimentais.

O equipamento mais utilizado como pulverizador agrícola, em experimentos para a determinação da eficiência e de dosagens de agrotóxicos, é o do tipo costal pressurizado por CO<sub>2</sub>. Soares et al. (2005) relatam que o pulverizador costal é utilizado em 80% das propriedades rurais, para aplicação de agrotóxicos em áreas hortícolas, no Estado do Rio de Janeiro. Estes autores afirmam, ainda, que 9,87% dos produtores entrevistados admitiram ter sido intoxicados, pelo menos, uma vez.

Em áreas experimentais, o pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> permite a aplicação de

1. Trabalho recebido em ago./2012 e aceito para publicação em maio/2013 (n° registro: PAT 19792).

2. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Chapadão do Sul, MS, Brasil. E-mails: raul\_gabriel\_1@hotmail.com, fabiobaio@ufms.br.

pequenos volumes de agrotóxicos, exatamente na quantidade necessária para a aplicação em parcelas de pequena área. Entretanto, estes pulverizadores não mantêm sua pressão por muito tempo, ocasionando, assim, uma variação no volume de aplicação e no tamanho de gotas.

Antuniassi & Baio (2009) comentam que o pulverizador tem a função de formar gotas que levam o agrotóxico agrícola até o alvo, sendo de fundamental importância na eficácia de ação de produtos fitossanitários. Estes autores relatam, ainda, que gotas finas ou grossas possuem aplicações diferentes, para cada situação de pulverização, e que a seleção correta das pontas de pulverização afeta, diretamente, a deposição da pulverização sobre o alvo.

Com a variação da pressão interna no pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, devido à substituição, no reservatório, de um fluido pouco compressível por outro mais compressível (água por ar), ocorre variação no tamanho das gotas, durante a aplicação. O tamanho das gotas influencia na capacidade de a pulverização cobrir o alvo e penetrar na massa das folhas. Gotas menores possuem melhor capacidade de cobertura, bem como propiciam maior capacidade de penetração. Entretanto, gotas pequenas podem ser mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva.

Em diversos experimentos de campo instalados por fabricantes de agrotóxicos, não leva-se em conta que há uma variação da pressão no pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, durante a aplicação, modificando o tamanho de gotas e, por sua vez, o volume de aplicação. Assim, uma aplicação de agrotóxicos pode se iniciar com determinado volume de aplicação e, pouco tempo depois, apresentar outro volume bem menor, resultando em menor dosagem do agrotóxico avaliado. Este fato influencia no resultado final do experimento.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a variação da pressão no circuito hidráulico de um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> e a influência do volume de calda no reservatório sobre o tamanho de gotas e o volume de aplicação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul. A avaliação do pulverizador foi efetuada por meio de instrumentação eletrônica baseada na

recepção de sinais analógicos, provenientes de um transdutor de pressão eletrônico Endress+Hauser, modelo Cerabar TPMP131, com acurácia superior a 0,5%, instalado entre a lança e a ponta de pulverização. O pulverizador costal utilizado na pesquisa foi do tipo pressurizado por CO<sub>2</sub>, do fabricante Herbicat, no qual foram instaladas seis pontas novas da marca Jacto, modelo ADI 110-01. O seu reservatório de gás foi mantido pressurizado a 5,5 MPa.

O sinal de saída da tensão do transdutor de pressão foi gravado por coletor de dados Campbell Scientific, modelo CR 1000. Desenvolveu-se uma rotina computacional, com o auxílio do programa PC200W, a qual fez com que o coletor de dados lesse a informação de tensão da porta analógica e a gravasse em um arquivo tipo texto, em relação ao tempo decorrido na coleta de dados, à taxa de aquisição de 0,1 Hz. Aos elementos obtidos, foi aplicada uma filtragem, por média móvel, sobre três leituras.

Elaborou-se uma curva de calibração, para a transformação do sinal analógico de tensão proveniente do transdutor de pressão (V) em pressão (MPa). Para tanto, foi utilizado um manômetro de calibração Famabras, com escala de 1,379 MPa, e um multímetro digital DT 830B. Utilizou-se o cilindro de ar do pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, com sua válvula reguladora de pressão, na elaboração da curva de calibração. Foi necessária a utilização de um resistor de 270 Ω, na saída do transdutor. Uma bateria Unipower de 12,0 V e 7,0 A, sempre mantida carregada, supriu o circuito elétrico de energia. Durante o procedimento de calibração, elevou-se a pressão a intervalos de 0,6895 MPa e, em seguida, a pressão foi diminuída nos mesmos intervalos, com 3 repetições. As informações de entrada e saída permitiram a elaboração de um gráfico de dispersão, sendo obtida uma equação de calibração e o seu coeficiente de correlação.

No ensaio de avaliação da variação da pressão, foram utilizadas três capacidades de reservatório para calda no pulverizador: 1,0 L, 2,0 L e 3,0 L. Estes reservatórios foram constituídos por garrafas do tipo PET descartáveis. Os volumes de aplicação avaliados foram de 100,0 L ha<sup>-1</sup>, 150,0 L ha<sup>-1</sup> e 200,0 L ha<sup>-1</sup>, obtidos nas pressões iniciais, durante o experimento, de 0,120 MPa, 0,240 MPa e 0,440 MPa, respectivamente. A calibração do pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> foi realizada segundo metodologia descrita por Balastreire (2007). O período experimental, em cada coleta de dados, foi mantido até que o conteúdo do reservatório se esgotasse, e este foi nomeado como

uma repetição experimental. A avaliação da variação da pressão foi realizada pela análise da maior variação ocorrida dentro do período em cada coleta, em relação à pressão inicial. A pressão inicial foi adotada pela média das pressões gravadas nos dois segundos iniciais de cada repetição.

Foi adotado delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x3, sendo três capacidades do reservatório (1,0 L, 2,0 L e 3,0 L) e três volumes de aplicação (100,0 L ha<sup>-1</sup>, 150,0 L ha<sup>-1</sup> e 200 L ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

A variável resposta analisada foi a maior variação de pressão, em percentagem, que ocorreu em cada período experimental, durante um tratamento. Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-wilk, utilizando-se o programa Sisvar. Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos dos tratamentos avaliados por análise de regressão.

No ensaio de variação do tamanho de gota, houve a necessidade da construção de uma bancada de testes, para a coleta desta variável, em relação à variação da pressão. Este ensaio foi desenvolvido em condições de laboratório, para que não houvesse interferência do vento, na deposição das gotas. A bancada foi constituída por um chassi de madeira, com duas polias de 0,28 m de diâmetro, as quais giravam à rotação de 44 rpm, sendo ligadas, ambas as polias, por um elástico de 0,03 m de largura. As polias estavam separadas uma da outra por 4,0 m de distância. A polia motriz era movida por um motor elétrico de uso automotivo, que foi alimentado por uma bateria de 12,0 V e 60,0 A. Esta bancada de testes permitiu a simulação do caminhamento constante do pulverizador em campo, a 0,83 m s<sup>-1</sup> (3,0 km h<sup>-1</sup>). A ponta do pulverizador foi mantida à altura de 0,5 m da esteira superior da bancada, onde foram posicionados papéis hidrossensíveis Syngenta.

O pulverizador foi acionado juntamente com a instrumentação eletrônica, para a coleta dos dados de pressão, possibilitando a associação do momento exato em que cada papel passou pelo jato de calda e a pressão que estava sendo aplicada naquele momento. Este ensaio foi realizado somente com o uso do reservatório de 2,0 L, uma vez que é o mais utilizado, na prática, em condição de campo. Foram efetuadas cinco repetições, em cada tratamento.

Os papéis hidrossensíveis foram digitalizados com resolução de 300 dpi, com o auxílio de um escâner de mesa da HP, e as imagens foram analisadas

utilizando-se o programa computacional Gotas (Embrapa 2010), o qual permitiu o cálculo do tamanho das gotas de cada amostra digitalizada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve queda na pressão hidráulica, em todas as condições experimentais, levando a uma variação no volume de aplicação da calda (Figura 1). Segundo Antuniassi & Baio (2009), a queda na pressão causa aumento no tamanho das gotas, quando são utilizadas pontas hidráulicas, podendo ocasionar a ineficiência no controle do alvo.

A atuação da válvula reguladora de pressão do pulverizador elevou, em dado momento, a pressão do circuito, quando foram utilizados os reservatórios de 2,0 L e 3,0 L. Contudo, esta elevação não foi suficiente para manter a pressão hidráulica, no circuito, constante. Observou-se, também, que a queda na pressão foi mais acentuada para o maior volume de aplicação (L ha<sup>-1</sup>) e menor volume do reservatório (L). Constatou-se elevação do período, quanto maior o volume do reservatório e menor o de aplicação, com variação de 20-140 s. A condição mais crítica de variação de pressão ocorreu quando o volume do reservatório foi de 1,0 L, utilizando-se volume de aplicação de 200,0 L ha<sup>-1</sup>, devido ao fato de a rápida variação de pressão ter alterado o volume de aplicação e o tamanho das gotas.

As maiores variações de pressão ocorreram no volume de aplicação de 100,0 L ha<sup>-1</sup>, com variações de 5,4%, 5,2% e 4,2%, para os volumes de 2,0 L, 3,0 L e 1,0 L, respectivamente (Figura 2). A menor variação média de pressão foi de 1,6%, quando, também, foi utilizado o reservatório de 2,0 L, porém, aplicando-se volume de 200,0 L ha<sup>-1</sup>. A maior variação absoluta de pressão foi de 8,4% e ocorreu na primeira repetição do tratamento com 100,0 L ha<sup>-1</sup> e reservatório de 1,0 L. As consequências destas variações são expressivas, em termos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos, pois a variação da vazão da calda, dentro do circuito hidráulico do pulverizador, relaciona-se à raiz quadrada da variação da pressão (Baio & Antuniassi 2011).

Como a velocidade de caminhamento foi mantida constante, essa variação de pressão causou variação diretamente proporcional sobre o volume de aplicação. Todavia, na prática, esta problemática é incrementada, pois, além da variação de pressão, há, também, variação sobre a velocidade de cami-

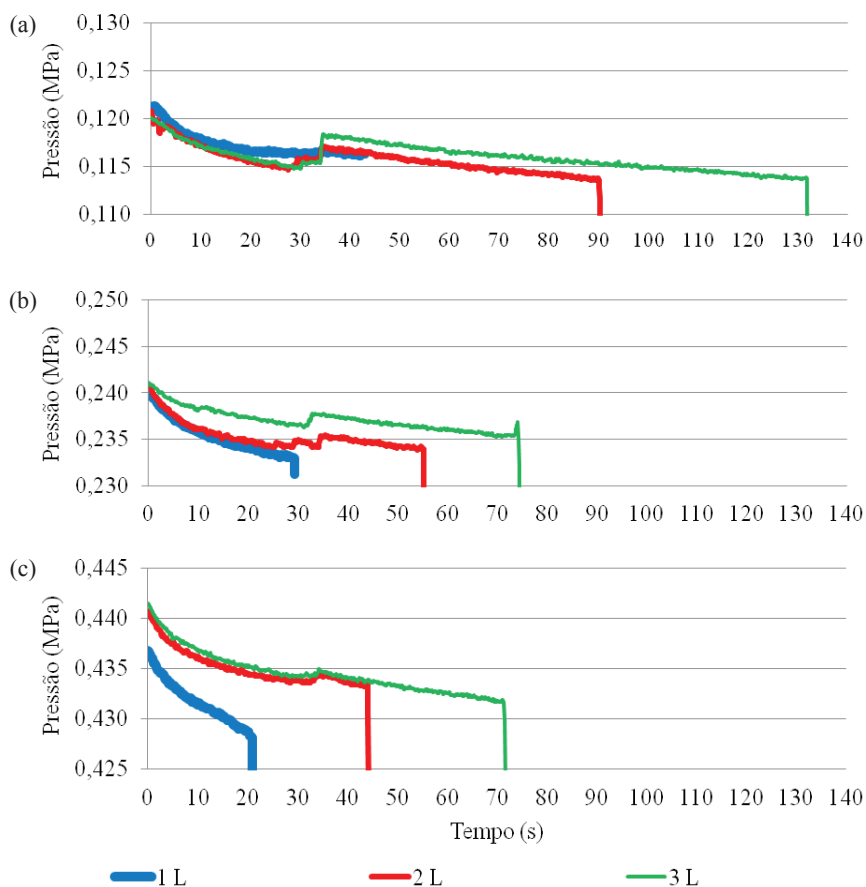


Figura 1. Variação média da pressão no pulverizador costal, em relação ao período de coleta, aplicando-se volume de 100,0 L ha<sup>-1</sup> (a), 150,0 L ha<sup>-1</sup> (b) e 200,0 L ha<sup>-1</sup> (c) e volumes de reservatório de 1,0 L, 2,0 L e 3,0 L (Chapadão do Sul, MS, 2012).

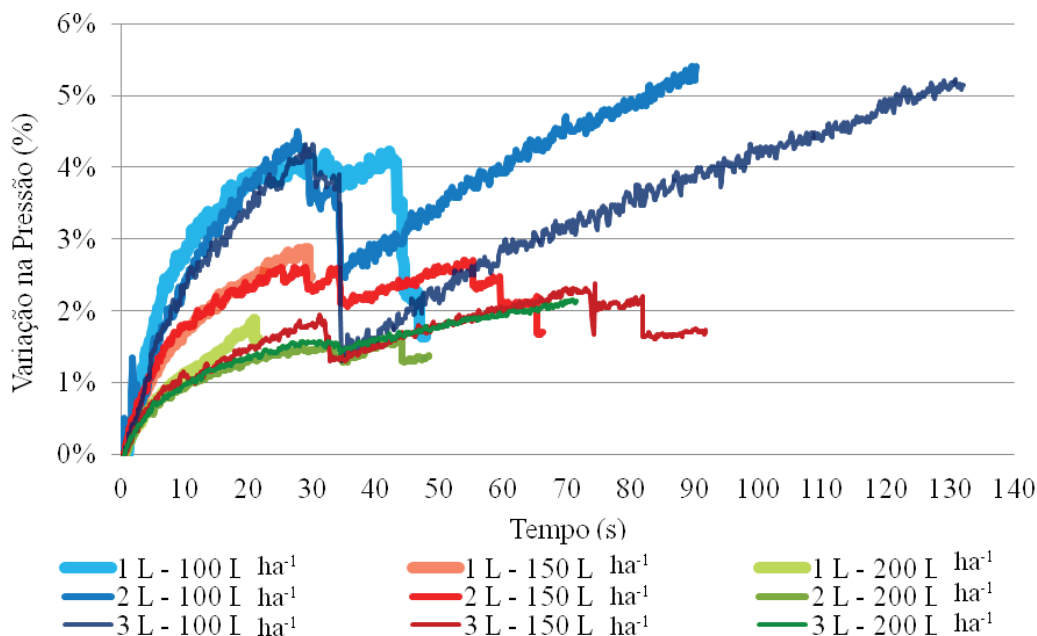


Figura 2. Percentagem da variação média na pressão do pulverizador, em relação ao período de coleta, para os volumes de aplicação e dos reservatórios utilizados (Chapadão do Sul, MS, 2012).

nhamento do aplicador, com o pulverizador costal. Assim, ilustra-se a necessidade do desenvolvimento de um controlador eletrônico de pulverização, adaptado aos pulverizadores costais pressurizados por CO<sub>2</sub>, que possa manter o volume de aplicação constante, segundo variações na velocidade de caminhamento e na vazão das pontas.

A interação entre os fatores volume de aplicação x volume do reservatório não foi significativa, para a variação de pressão, assim como a variação do volume do reservatório de calda não alterou a pressão no pulverizador. Contudo, o fator volume de aplicação interferiu na variação da pressão, no circuito hidráulico do pulverizador.

Observou-se que a maior variação de pressão, no circuito hidráulico, ocorreu quando o volume de aplicação foi calibrado para aplicar 100,0 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3). O modelo ajustado foi significativo ( $p < 0,001$ ) e houve redução na variação de pressão, com o aumento do volume de aplicação.

Segundo Cunha et al. (2008), o uso de um menor volume de calda, na área aplicada com menor volume de aplicação, aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores. Esta é uma prática com tendência crescente, a qual diminui os custos da aplicação. Desta forma, os experimentos com agrotóxicos, em parcelas pequenas, quando utilizam volume de aplicação de 100,0 L ha<sup>-1</sup>, devem ser pulverizados por outro equipamento que possua controle mais efetivo sobre a variação da pressão.

Houve aumento no tamanho das gotas depositadas, proporcionalmente à diminuição da pressão e em todas as condições dos volumes de aplicação (Figura 4). O fabricante da ponta indica, em sua tabela de referência sobre a relação entre a pressão e o tamanho de gota, que as gotas depositadas seriam de tamanho médio, diferindo das mensuradas. Todavia, a velocidade de caminhamento aplicada neste ensaio foi menor do que a mínima apresentada na tabela do fabricante. O aumento no tamanho das gotas influen-

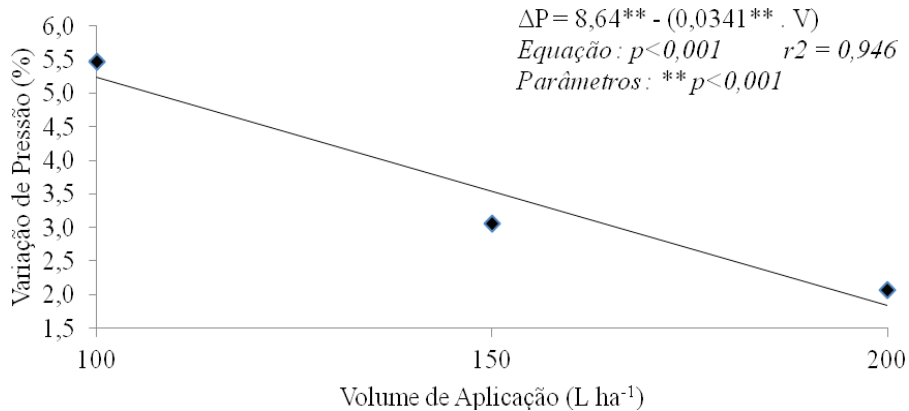


Figura 3. Estimativa da variação média de pressão ( $\Delta P$ ) no circuito hidráulico do pulverizador, em função dos volumes de aplicação (V) (Chapadão do Sul, MS, 2012).

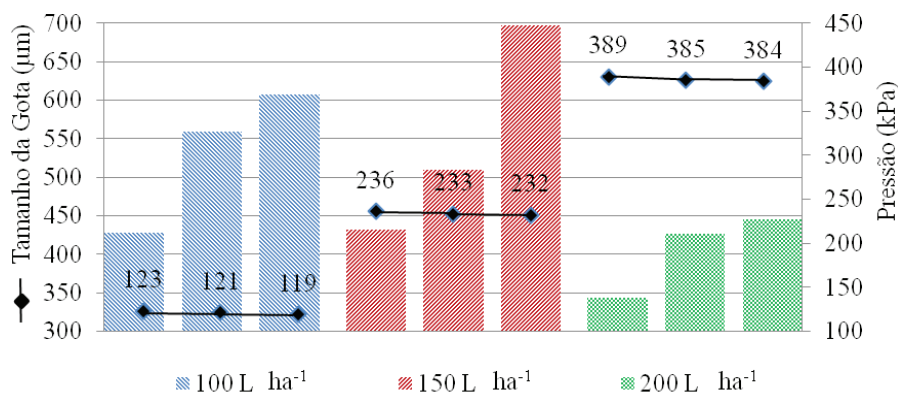


Figura 4. Variação no tamanho de gota, em função da variação na pressão e no volume de aplicação (Chapadão do Sul, MS, 2012).



ciou na diminuição da deposição destas no interior do dossel da cultura (Cunha et al. 2008). Observou-se, ainda, que o aumento no tamanho das gotas, de grossa para extremamente grossa, pode potencializar o escorrimento da calda depositada sobre a superfície da folha, uma vez que sua superfície possui capacidade máxima de retenção de líquidos. A deposição e o tamanho das gotas podem ser afetados, ainda, quando a calda contém adjuvante surfactante (Cunha et al. 2010). Por outro lado, o aumento no tamanho da gota diminui o risco da deriva (Murphy et al. 2000, Wolf 2000, Guler et al. 2007). Contudo, Costa et al. (2007) relatam que a escolha de um adequado tipo de ponta de pulverização pode reduzir a deriva de maneira mais eficaz que a simples redução de pressão.

### CONCLUSÕES

1. Houve diminuição da pressão no circuito hidráulico do pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>, durante as aplicações, independentemente do volume utilizado como reservatório de calda.
2. Quanto mais elevado o volume de aplicação, maior foi a variação da pressão, não importando o volume do reservatório utilizado.
3. O tamanho das gotas aumentou com a diminuição da pressão do circuito hidráulico.

### REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: VARGAS, L.; ROAMN, E. S. (Orgs.). *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 173-212.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R. Sistemas de controle eletrônico e navegação para pulverizadores. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Orgs.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p. 123-142.
- BALASTREIRE, L. A. *Máquinas agrícolas*. 3. ed. Piracicaba: Ed. do Autor, 2007.
- COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.
- CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. esp., p. 1153-1158, 2010.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Software Gotas*. 2010. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/novidades/sof\\_gota.html](http://www.cnpma.embrapa.br/novidades/sof_gota.html)>. Acesso em: 05 jun. 2012.
- GULER, H. et al. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.
- 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*, Oxford, v. 75, n. 2, p. 127-137, 2000.
- SOARES, W. L.; FREITAS, E. A. V.; COUTINHO, J. A. G. Trabalho rural e saúde: intoxicações por agrotóxicos no município de Teresópolis - RJ. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, DF, v. 43, n. 4, p. 685-701, 2005.
- WOLF, R. E. *Strategies to reduce spray drift*. Manhattan: KSU, 2000.