

ESPECTRO DE GOTAS EM DIFERENTES DÉFICITS DE PRESSÃO DE SATURAÇÃO DE VAPOR D'ÁGUA**CHRISTIAM FELIPE SILVA MACIEL¹, PAULO ROBERTO FORASTIERE²,
HUMBERTO SANTIAGO³, MAURI MARTINS TEIXEIRA⁴, ANDERSON CANDIDO
DA SILVA⁵**

¹Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, Fone: (31) 99730-4920, marconi.maciel@ufv.br

²Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

³Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

⁴Engº Agrônomo, Professor adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

⁵Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Uma pulverização de agrotóxicos eficiente depende muito das condições psicrométricas do ar, principalmente quando se utiliza de gotas finas, uma vez que condições climáticas adversas podem gerar evaporação de gotas. Objetivou-se com este trabalho determinar o espectro de gotas da ponta Lurmark LD 11002 utilizando-se água como líquido em diferentes déficits de pressão de saturação de vapor d'água no ar. O experimento foi realizado dentro de uma câmara climática para permitir a obtenção dos déficits de pressão de saturação de vapor (DPVar). Para a determinação do espectro de gotas, empregou-se o analisador de partículas modelo Spraytec. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 5 x 20, constituído por cinco pressões de trabalho (100; 200; 300; 400 e 500 kPa) fornecidas por uma bomba de pistão da marca Yamaho modelo S-12 com vazão nominal de 12 L min⁻¹ e vinte DPVar (2,3; 3,2; 4,2; 5,6; 7,0; 7,4; 9,5; 11,7; 12,7; 15,8; 16,4; 16,9; 21,2; 22,1; 22,2; 28,1; 29,7; 36,9 39,4 e 51,6 hPa) no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Houve influência do DPVar no comportamento do espectro de gotas. O aumento do DPVar aumentou o DMV, o Dv90, o SPAN e o volume de gotas maiores que 600 µm.

PALAVRAS-CHAVE: Diâmetro de gotas, evaporação de gotas, pulverização hidráulica.

DROPLET SPECTRUM IN DIFFERENT AIR VAPOR PRESSURE DEFICITS

ABSTRACT: An efficient pesticides spraying depends a lot in psychrometric conditions, mainly if it is using fine droplets, once climatic conditions may cause droplets evaporation. Thus, the aim of this work was to determine the droplet spectrum of the Lurmark LD 11002 spray nozzle using tap water depending on the air vapor pressure deficits. The work was carried out inside of a climate chamber to obtain the air vapor pressure deficits (VPDair). The particle size analyzer, Spraytec model, was used to determine the droplet spectrum. The experiment was conducted in factorial scheme 5 x 20, consisted of five working pressures (100; 200; 300; 400 and 500 kPa) supplied by a piston pump Yamaho, S-12 model, with nominal flow rate of 12 L min⁻¹ and twenty DPVair (2.3; 3.2; 4.2; 5.6; 7.0; 7.4; 9.5; 11.7; 12.7; 15.8; 16.4; 16.9; 21.2; 22.1; 22.2; 28.1; 29.7; 36.9 39.4 e 51.6 hPa), in completely randomized design with five replications. There is influence of VPDair on droplet spectrum behavior. Increasing VPDair increases the VMD, Dv90, SPAN and the volume of droplets coarser than 600 µm.

KEYWORDS: Droplets diameter, droplets evaporation, hydraulic spraying.

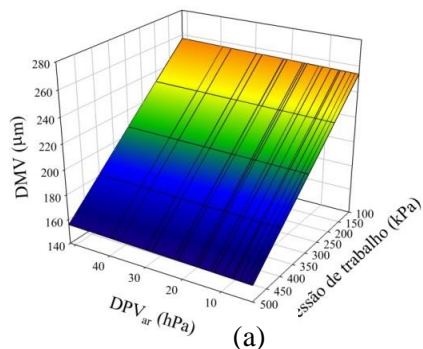
INTRODUÇÃO: Uma das mais importantes barreiras para a obtenção de uma pulverização de qualidade é a evaporação de gotas antes que estas atinjam, ou mesmo, antes que sejam absorvidas pelo alvo, sendo este a cultura ou mesmo uma planta daninha. A evaporação de gotas, juntamente com a deriva, pode representar 45% de perda do volume aplicado (CHAIM *et al.*, 1999) e embora gotas possam ser perdidas por evaporação em qualquer condição climática, as perdas são menores em condições de temperaturas mais baixas e UR mais elevada (COUTINHO; CORDEIRO, 2004). Assim, o momento ideal para a pulverização deve apresentar condições psicrométricas do ar com temperatura entre 15 e 30 °C e UR mínima de 60% para evitar a evaporação. Deve-se, também, observar a velocidade do vento, e este deve situar-se na faixa de 3 a 7 km/h, com o intuito de evitar correntes do ar convectivas, quando esta velocidade estiver baixa, e deriva, para velocidades elevadas (RAETANO, 2011). Devido à grande influência das condições psicrométricas do ar na pulverização, objetivou-se com este trabalho, determinar o espectro de gotas em função de déficits de pressão de saturação de vapor d'água no ar, visando a garantia de eficácia e maximização da eficiência de aplicação de agrotóxico.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa. Os ensaios foram realizados no interior de uma câmara climática com volume igual a 9,7 m³ para permitir a obtenção das condições psicrométricas. Os valores de temperatura de 20, 25, 30, 35 e 40 °C foram combinados com valores de UR de 30, 50, 70 e 90%, possibilitando a avaliação da evaporação do líquido pulverizado em vinte condições distintas de déficit de pressão de vapor d'água no ar (DPV_{ar}) (2,3; 3,2; 4,2; 5,6; 7,0; 7,4; 9,5; 11,7; 12,7; 15,8; 16,4; 16,9; 21,2; 22,1; 22,2; 28,1; 29,7; 36,9 39,4 e 51,6 hPa). As pressões de trabalho utilizadas foram de 100, 200, 300, 400 e 500 kPa. As gotas foram analisadas por um analisador de partículas a laser (modelo Spraytech, Malvern Instruments Ltd), lente focal de 750 mm e utiliza a técnica da difração de laser para a medição do tamanho das gotas pulverizadas, calibrado para contabilizar gotas na classe de tamanho de 0,10 a 2.500 µm. O estudo do espectro de gotas foi compreendido pelos seguintes indicadores: DMV, Dv₁₀, Dv₉₀, SPAN, porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 µm (%V<100) e maiores que 600 µm (%V>600). Utilizou-se uma ponta hidráulica Lurmark LD11002. Esta ponta foi posicionada na barra de pulverização a 0,50 m de distância do feixe de laser emitido pelo analisador de partículas. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5 x 20, constituído pelas cinco pressões de trabalho e os vinte DPV_{ar}, em DIC com cinco repetições. Os dados obtidos foram avaliados por meio da metodologia da superfície de resposta. Os modelos foram escolhidos baseando na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t”, adotando-se o nível de 10% de probabilidade no coeficiente de determinação e no comportamento da variância em estudo.

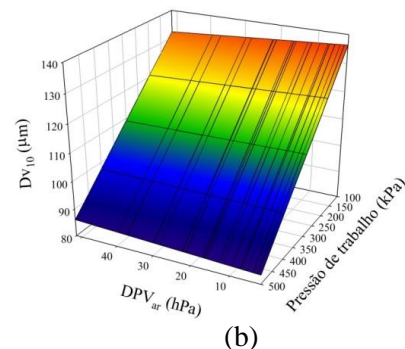
RESULTADOS E DISCUSSÃO: O DMV aumentou com o aumento do DPV_{ar} e com a redução da pressão de trabalho, assim, o menor valor foi de 152,77 µm na pressão de 500 kPa e DPV_{ar} de 2,3 hPa, e o maior foi de 256,92 µm na pressão de 100 kPa e DPV_{ar} de 51,6 hPa (Figura 1.a). Semelhante ao DMV, o Dv₉₀ e o SPAN aumentaram com o aumento do DPV_{ar} e com a redução da pressão de trabalho (Figuras 1.c e 1.d). Já o Dv₁₀ apresentou tendência negativa com o aumento da pressão de trabalho e do DPV_{ar}, porém, em pressões elevadas, um aumento do DPV_{ar} gerou aumento do Dv₁₀, aumento que foi originado pela evaporação total das gotas pequenas (Figura 1.b). Com a elevação do DPV_{ar} é de se esperar que ocorra uma redução do diâmetro de gotas, uma vez que esta elevação favorece à evaporação, porém resultados obtidos mostram que o DMV aumentou, o que ocorreu devido à evaporação total das gotas muito finas. Alvarenga *et al.* (2013), trabalhando à pressão de 1.055 kPa e com a

ponta JA-2, relataram que o Dv_{10} e o Dv_{90} reduzem com o aumento do DPV_{ar} , entretanto, o espectro de gotas foi determinado em etiquetas hidrossensíveis, e estas não são confiáveis para avaliar o espectro de gotas, se duas ou mais gotas depositarem no mesmo ponto, haverá coalescência destas gotas e o diâmetro real será superestimado. O SPAN depende dos valores de Dv_{10} e Dv_{90} , com isso, quando ocorre elevada disparidade entre estes valores, há uma elevação do SPAN. Entretanto, Alvarenga *et al.* (2014) observaram redução do SPAN da ponta JA-2 ao elevarem o DPV_{ar} de 7,6 para 26,3 hPa, porém estes autores avaliaram o espectro de gotas com o auxílio de etiquetas hidrossensíveis. Mantendo-se o DPV_{ar} constante, a porcentagem de volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm aumenta com o aumento da pressão de trabalho, porém mantendo-se a pressão constante, em pressões baixas, o aumento do DPV_{ar} gera um aumento da porcentagem de volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm , e em pressões elevadas, o aumento do DPV_{ar} leva a uma redução desta porcentagem de volume pulverizado (Figura 1.e). Redução que foi oriunda da evaporação total das pequenas gotas e que, conseqüentemente, aumenta o valor de Dv_{10} . A porcentagem do volume pulverizado composta por gotas maiores que 600 μm aumentou com muito superior sobre esta variável do que a pressão de trabalho (Figura 1.f). Um aumento do por haver uma grande evaporação das gotas pequenas. Assim, ao eliminar as pequenas gotas, há redução no volume total pulverizado, e, conseqüentemente, ocorre um aumento da composta por gotas maiores que 600 μm explica o aumento apresentado nos valores de DMV e Dv_{90} com o aumento do DPV_{ar} , e estes, conseqüentemente, alteram o SPAN.

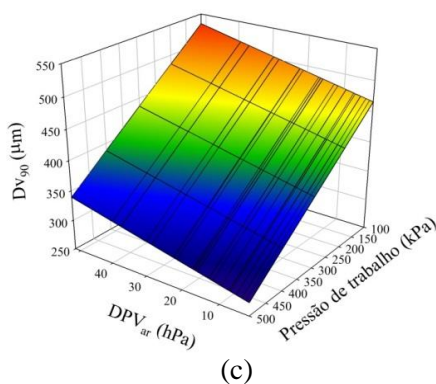
$$DMV = 279,146 + 0,059658^* DPV - 0,25302^{**} P \quad R^2 = 0,9120$$



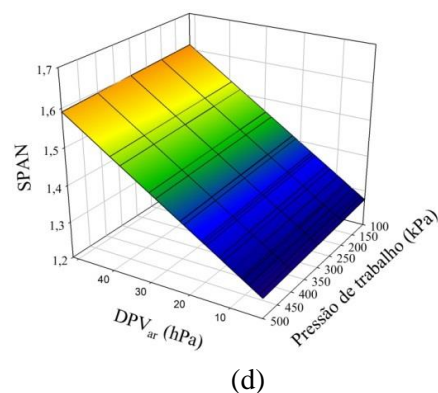
$$Dv_{10} = 149,95 - 0,122669^{**} DPV - 0,133629^{**} P + 0,00035741^{**} (DPV * P) \quad R^2 = 0,9350$$



$$Dv_{90} = 511,298 + 1,37339^{**} DPV - 0,485595^{**} P \quad R^2 = 0,8840$$

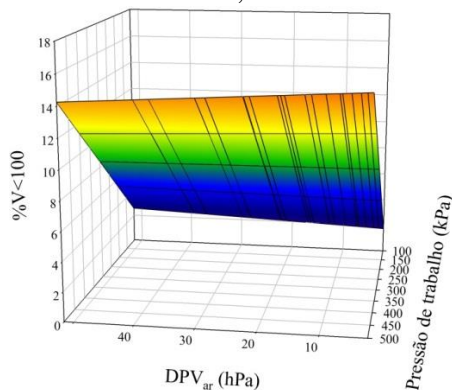


$$SPAN = 1,2645 + 0,00684741^{**} DPV - 0,00005384^{\circ} P \quad R^2 = 0,6016$$



$$\%V < 100 = -1,70956 + 0,0264264^{**} DPV + 0,0342073^{**} P - 0,000097168^{**} (DPV * P)$$

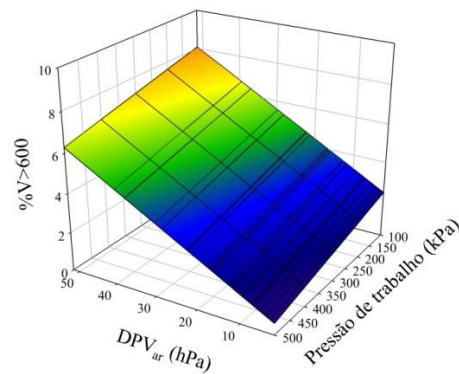
$$R^2 = 0,9707$$



(e)

$$\%V > 600 = 2,55823 + 0,115523^{**} DPV - 0,00448536^{**} P$$

$$R^2 = 0,6124$$



(f)

FIGURA 1 – Estimativas do DMV, do Dv_{10} , do Dv_{90} , do SPAN e estimativas da porcentagem do volume pulverizado composta por gotas menores que 100 μm e maiores que 600 μm em função do DPV_{ar} e da pressão de trabalho. (a) DMV; (b) Dv_{10} ; (c) Dv_{90} ; (d) SPAN; (e) $\%V < 100$; (f) $\%V > 600$. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ° Significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

CONCLUSÕES: O aumento do DPV_{ar} aumenta o DMV, o Dv_{90} , o SPAN e a porcentagem do volume pulverizado composta por gotas maiores que 600 μm . Como o espectro de gotas foi alterado com o DPV_{ar} , estes dados mostram que em condições psicrométricas críticas há influência direta do clima no comportamento das gotas pulverizadas.

AGRADECIMENTOS: O suporte financeiro das agências fomentadoras FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; CECOM, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; SASAKI, R. S.; RODRIGUES, D. E. Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 81-87, abr/jun. 2013.
- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; CECOM, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; ROGRIGUÊS, D. E.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 182-193, jan./feb. 2014.
- CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, maio 1999.
- COUTINHO, P.; CORDEIRO, C. M. **A ponta de pulverização – cuidados na escolha. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II** – Encontro Técnico, 2004, 122 p.
- RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. cap. 1, p. 15-26.