



**BANCADA DIDÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE
SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA DE HERBICIDAS AGRÍCOLAS
DE INTERESSE EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

KLEBER R. FELIZARDO¹, VILMA A. OLIVEIRA², PAULO E. CRUVINEL³

¹ Engenheiro, Doutorando, Depto. de Engenharia Elétrica, EESC/USP São Carlos - SP, klerfe@sc.usp.br

² Engenheira, Doutora, Profa. Titular, Depto. de Engenharia Elétrica, EESC/USP São Carlos - SP

³ Engenheiro, Doutor, pesquisador, EMBRAPA-CNPq/São Carlos- SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O presente trabalho apresenta o protótipo de uma bancada didática, do tipo estática, para avaliação de sistemas de injeção direta de herbicidas agrícolas. Tal protótipo é parte de um laboratório dedicado à avaliação da qualidade de espectros das gotas e sua distribuição para diferentes faixas de velocidade de pulverização e tem por finalidade auxiliar modelos de decisão e o estudo teórico e prático da dinâmica do tempo de resposta decorrente deste tipo de injeção. O trabalho é de interesse para a agricultura de precisão, uma vez que possibilita simular situações de campo para aplicação taxa variada e otimizar sistemas de aplicadores.

PALAVRAS-CHAVE: ambiente de simulação, espectro de gotas, sistema injeção direta.

**DIDACTICAL DESK FOR DIRECT AGRICULTURAL HERBICIDE INJECTION SYSTEMS
EVALUATIONS WITH INTEREST IN PRECISION AGRICULTURE**

ABSTRACT: This paper presents a prototype of a didactical desk in a static type model for agricultural herbicide direct injection systems evaluations. Such prototype is part of a laboratory for quality evaluation of raindrop spectra and its distribution, and it is useful in a broad and diverse range of pulverization velocity analyses. Besides, it can help decision making modeling development considering not only theoretical but also practical studies related to the time response and dynamics as a function of this injection modality. Such matter is of interest for precision agriculture since it allows the simulation of scenarios, which are regarding to both variable herbicide rate application and the optimization of sprinkler systems.

KEYWORDS: modeling environment, droplet spectrum, direct injection system.

INTRODUÇÃO: A aplicação correta de defensivos agrícolas devido às plantas daninhas desempenha um papel importante na produção agrícola. A alta no preço dos defensivos agrícolas e sua aplicação em demasia podem aumentar significativamente os custos de produção (em áreas agrícolas altamente tecnificadas os herbicidas podem contribuir em até 25% do custo na produção de soja em plantio direto, 9% em milho e 6% em algodão). Além do mais, sua aplicação em excesso contribui para o aumento da contaminação ambiental e a baixa qualidade dos alimentos. Por outro lado, uma redução no volume da aplicação de defensivos gera perdas na produtividade e na qualidade das colheitas devido às plantas daninhas (SHIRATSUCHI et al., 2003). Os avanços na tecnologia de sistemas de posicionamento global (GPS), sensores de uso agrícola, equipamentos baseados em computador para a agricultura e modelagem matemática e computacional possibilitaram mapear as infestações de plantas daninhas por regiões, levando em conta sua variabilidade espacial e temporal (MATTHEWS, 2008). Assim, obtêm-se mapas de infestação, através de softwares GIS (*Geographic Information Systems*), para relacionar o grau de infestação em uma determinada região e a taxa de aplicação e dosagem adequada para aquela região. Isto permitiu o surgimento da tecnologia de aplicação em taxas variáveis, também conhecida pela sigla VRT (*Variable-Rate Technology*). Uma destas tecnologias utiliza

sistemas de injeção direta de defensivos. Em um sistema de injeção direta o armazenamento do defensivo e do diluente estão em recipientes separados. A mistura é realizada somente no momento da aplicação através da injeção do defensivo na tubulação (linha de sucção ou de pressão) que leva à calda aos bicos do pulverizador. No entanto, o emprego deste sistema traz os seguintes problemas: (i) atraso de transporte e (ii) não-uniformidade da mistura. Segundo BAIIO e ANTUNIASSI (2004), o atraso de transporte pode ser definido como o período entre o comando para a troca da razão de aplicação da mistura (dose ou calda) e sua efetiva mudança nos bicos. Este período de tempo pode variar em função do ponto de injeção de defensivos no sistema, da taxa de aplicação, da densidade do defensivo, da velocidade do pulverizador, do comprimento e do diâmetro das tubulações do pulverizador e da configuração do sistema (por exemplo, o desempenho do controlador do sistema). Na prática, a não utilização do tempo de resposta do sistema implica na aplicação da dosagem desejada muito antes ou muito depois do local desejado para aquela dosagem. Logo, este tempo deve ser estimado para a adequada utilização do sistema (BENNUR e TAYLOR, 2009). A qualidade da pulverização caracteriza-se pelo tamanho e espectro das gotas produzidas. As gotas muito grandes são mais adequadas para aplicações em condições de maior risco de deriva, entretanto produzirão menor número de impactos, podendo até se perder por escorrimento e podem não apresentar boa penetração e cobertura. As gotas muito pequenas propiciam maior capacidade de cobertura e penetração, mas pelo pouco volume e peso, poderão ser muito facilmente levadas pelo vento e desaparecem devido ao processo de evaporação, produzindo uma grande dispersão dos produtos nelas dissolvidos. Esta variação entre os tamanhos das gotas em uma pulverização pode ser definida como espectro da pulverização (CHRISTOFOLETTI, 2004). Segundo CHRISTOFOLETTI (2004), para caracterizar melhor este espectro devem ser usados na análise os índices DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico) e AR (Amplitude Relativa). Na prática, para avaliar a qualidade do espectro da pulverização é preciso coletar amostras das gotas produzidas. Uma técnica muito empregada, devido à sua praticidade, é a utilização de papel sensível à água (ou hidrosensível) que, em contato com gotas de água, desenvolve manchas azuis muito nítidas. A análise destas manchas, seja através da inspeção visual destes papéis por um técnico especializado ou da inspeção da imagem digitalizada dos mesmos via software, permite obter os valores dos índices citados anteriormente e com isso caracterizar a qualidade do espectro da pulverização. No intuito de avaliar a qualidade da aplicação deste sistema de injeção no que se refere ao tempo de resposta, uniformidade da mistura e qualidade do espectro da pulverização, a referida pesquisa objetivou idealizar uma bancada didática do tipo estática para uso exclusivo em um laboratório de teste, situado em São Carlos-SP, na unidade da Embrapa - Instrumentação Agropecuária.

MATERIAL E MÉTODOS: A Figura 1 mostra o diagrama básico do sistema de injeção direta de defensivos agrícolas que será montado na bancada didática. Pode-se notar que a localização dos sistemas de injeção dos defensivos agrícolas será feita na linha de sucção da bomba principal (bomba de pistão da empresa Jacto, modelo MB-42). Estes defensivos são injetados nesta linha através de uma bomba de pistão (empresa FMIPUMP, modelo QB-Q3). Esta bomba tem o eixo do motor elétrico de corrente contínua acoplado diretamente a haste do pistão. O fluxo é diretamente proporcional a velocidade de rotação deste motor. Com isso, o uso de uma válvula elétrica em conjunto com um fluxômetro para regulação do fluxo torna-se dispensável. Toda esta estrutura (reservatórios, bombas, válvulas elétricas e fluxômetro) será montada em uma prateleira fixada na parede e situada a 150 cm do chão. O sistema será dimensionado para trabalhar com até três seções de barras. As barras 1 e 2 conterão cada uma 10 corpos de bicos múltiplos (5 saídas) para barra seca (empresa Teejet, modelo QJ365C) para alojar as pontas de pulverização de jato plano de faixa ampliada (empresa Teejet, modelos XR1102-03-04-05 e 06). A barra 3 terá apenas três destes corpos de bicos múltiplos pois os testes de análise de espectro de gotas serão realizados nesta barra. As barras 1 e 2 terão todos os fluxos das pontas desviados diretamente a uma calha. Deste modo, os respingos dos líquidos ejetados por estes bicos não irão interferir na análise do espectro de gotas. Para a avaliação do espectro de gotas das pontas de pulverização serão utilizados papéis hidrosensíveis. Estes papéis serão colocados sobre uma estrutura tendo como base uma guia linear acionada por um motor elétrico de corrente contínua. Esta estrutura, que terá 100 cm de comprimento e 240 cm de largura, passará por baixo da barra 3 para avaliação das gotas. A altura desta estrutura variável para permitir que a distância dos bicos aos papéis fique entre 50 a 70 cm. Uma unidade de controle será responsável pelo ajuste da velocidade

deste motor. Desta maneira será possível variar a velocidade da aplicação do pulverizador (4 a 12 km/h) no momento em que os papéis passarem sobre os bicos. Estes papéis serão posteriormente digitalizados através de um scanner e as imagens obtidas serão tratadas pelo *software* e-Sprinkle para diagnosticar a qualidade da pulverização. O e-Sprinkle é um sistema desenvolvido com tecnologia transferida pela Embrapa e produzido pela Ablevision com base em contrato estabelecido com a Embrapa que, por meio de avançados conceitos de Processamento Digitais de Imagens, automatiza o processo de análise visual da deposição de gotas em papéis hidrosensíveis (CRUVINEL et al., 1999; BRESSAN et al., 2008). Este *software* calcula: área coberta (%), densidade de gotas (N/cm^2), distribuição de gotas. DMV, AR, taxa aplicada (l/ha), dentre outros.

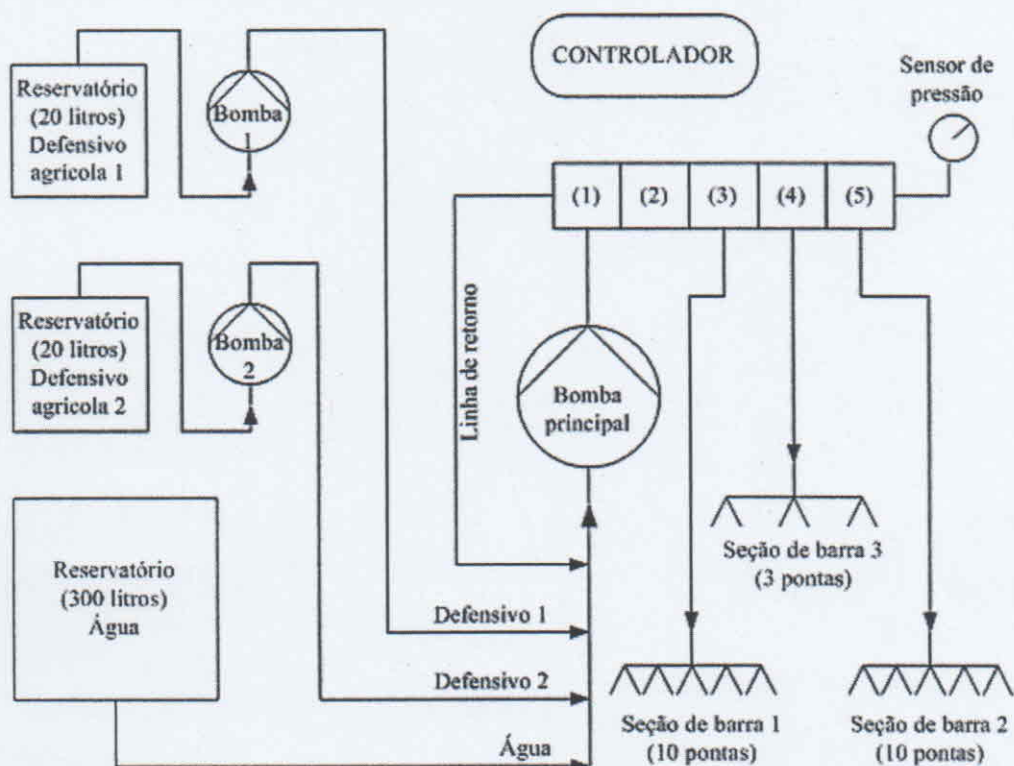


FIGURA 1. Diagrama básico do sistema de injeção direta de defensivos, sendo: (1) válvula elétrica de controle proporcional de 60 litros/minuto, modelo 463022S (2) fluxômetro de 5 a 100 litros/minuto, modelo 4621AA30000, (3) a (5) válvula elétrica do tipo *ON-OFF*, modelo 463001S. Todos os componentes citados acima são da empresa ARAG.

Os defensivos utilizados durante os testes em laboratório serão substituídos por uma solução viscosa-padrão adicionada de sal. Segundo ANTUNIASSI e MILLER e PAICE (2002), a adição de sal em uma solução viscosa-padrão tem pouca influência em sua viscosidade e é apropriado para testes com sistemas de injeção de defensivos. Para avaliar o tempo de resposta do sistema bem como a dinâmica da variação da concentração da mistura perante mudanças na taxa de aplicação e/ou dose, será medida a concentração de sal na calda formada logo após o ponto de injeção, através do monitoramento da condutividade elétrica da solução com o auxílio de um sensor de condutividade elétrica. A Figura 2 resume tudo o que foi exposto anteriormente através de um modelo estrutural da bancada didática de testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Um dos aspectos positivos que envolvem a construção desta bancada é a possibilidade de se trabalhar em um laboratório de teste ao invés do campo. Outro aspecto positivo envolve o projeto hidráulico desta bancada. O mesmo foi dimensionado para atender uma demanda de fluxo igual à de pulverizadores comerciais tratorizados de pequeno porte. Um dos aspectos em avaliação neste projeto é a inclusão de um sistema de simulação das condições climáticas encontradas no campo, tais como: velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar. Sabe-se que as condições climáticas são fundamentais para a decisão de se iniciar ou paralisar uma

pulverização. Para finalizar, ressalta-se que não existe uma bancada didática deste porte construída em todo o território nacional que permite realizar todos os testes necessários para avaliar a qualidade da pulverização em sistemas de injeção direta.

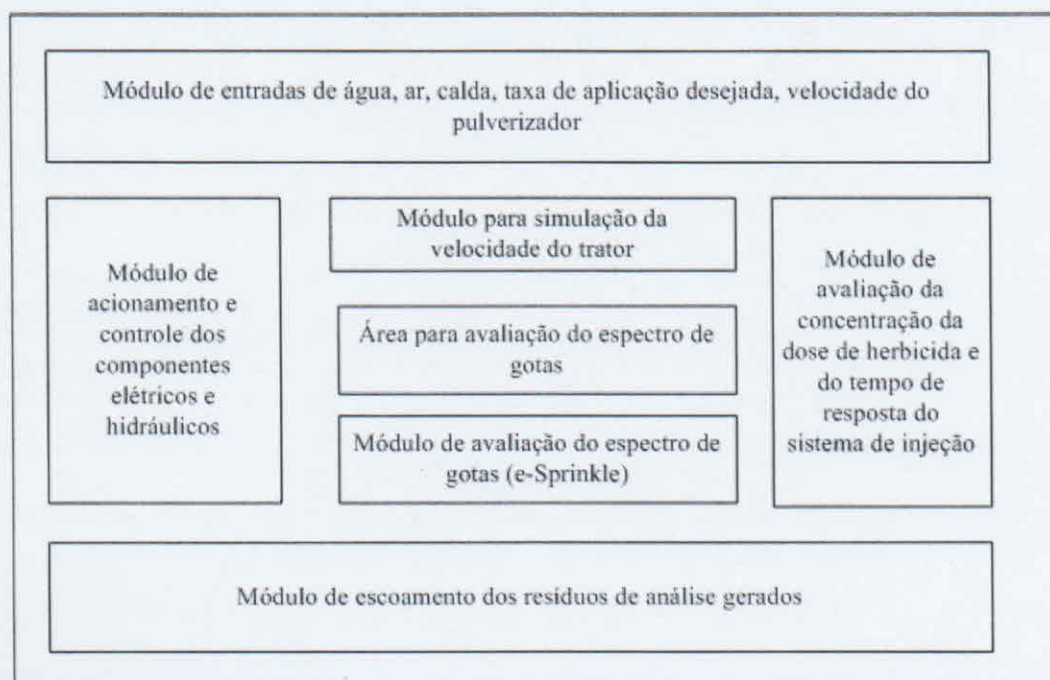


FIGURA 2. Modelo estrutural contendo todas as partes que compõe a bancada didática de testes.

CONCLUSÕES: A montagem de uma bancada didática será de grande interesse na agricultura de precisão, pois será possível analisar, em um ambiente de laboratório, vários aspectos relacionados com a qualidade da aplicação de defensivos agrícolas, tais como: qualidade do espectro das gotas, tempo de resposta dos sistemas de injeção direta de defensivos e uniformidade da mistura da calda formada, bem como inferir novos modelos de bicos e sistemas de pulverização.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio do Programa de Pós Graduação da EESC-USP, da EMBRAPA, do CNPq (Processos códigos: 479306/2008-7, 306988/2007-0) e Projeto Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro (Macro Programa 1, código: 01.09.01.002.01).

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U. R.; MILLER P.; PAICE, M. Performance evaluation of injection metering system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 1, p.159-165, 2002.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. Aplicação de defensivos. *Caderno Técnico - Revista Cultivar Máquinas*, n. 34, p.7-10, 2004.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R. À procura do alvo. *Revista Cultivar Máquinas*, n. 34, p.8-12, Setembro, 2004.
- BENUR, P.; TAYLOR, R. Response time evaluation of real-time sensor based variable rate technology equipment. ASABE St. Joseph, Michigan. Paper no 096605, 18p, 2009.
- BRESSAN, G M; OLIVEIRA, V A; CRUVINEL, P. E.; KARAM, D. A classification methodology for the risk of weed infestation using fuzzy logic. *Weed Research*, v. 48, p. 470-479, 2008.
- CRUVINEL, P. E.; VIEIRA, S. R; CRESTANA, S.; MINATEL, E R; MUCHERONI, M L; TORRE N. A. Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution.. *Computers and Eletronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 23, p. 205-217, 1999.
- MATTEWS, G. A. Developments in application techology. *Environmentalist*. 28:19-24, 2008.
- SHIRATSUCHI, L. S., CHRISTOFFOLETI P. J., FONTES, J. R. Aplicação localizada de herbicidas. *Documentos/Embrapa Cerrados*, ISSN 1517-5111; v. 91, 18p, 2003.