

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM PULVERIZADOR DE BARRAS A TRACÇÃO HUMANA¹

Luiz Carlos Barcellos², Rogério de Araújo Almeida²,
Paulo Garcez Ferreira Leão² e José Geraldo da Silva³

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A HUMAN TRACTION SPRAYER EQUIPPED WITH BARS AND HYDRAULIC NOZZLES

This research was carried out through an agreement among Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Goiás, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Arroz e Feijão, and Agência Goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário, in the municipality of Goiânia, Goiás State, Brazil. The objective was to develop a human traction bar sprayer prototype, equipped with hydraulic nozzles, and evaluate its performance. The measured variables were: work performance (ha.h^{-1}), spray drop density (drops.cm^{-2}), and spraying deposit (ng.cm^{-2}). The developed prototype has performed satisfactorily. Water sensitive paper cards and micros-cope plates, laid over the soil, were used for spraying sampling and drop distribution sampling. Evaluations were made in just tilled soil, pasture, and corn, beans and rice crops. The sprayer developed an average 1.18 ha.h^{-1} work performance, $81.46 \text{ drops.cm}^{-2}$ drop density, and 64.84 ng.cm^{-2} of recovered product at soil level.

KEY WORDS: prototype, pesticides, sprayers.

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido mediante convênio firmado entre a Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Goiás, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Arroz e Feijão e a Agência Goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário. Teve como objetivo o desenvolvimento e a avaliação de um protótipo de pulverizador de barras à tração humana, equipado com bicos hidráulicos. Determinaram-se as seguintes variáveis: capacidade de campo efetiva (ha.h^{-1}), densidade de gotas de pulverização (gotas.cm^{-2}) e quantidade de depósito de pulverização (ng.cm^{-2}). O protótipo funcionou satisfatoriamente. Para a amostragem das pulverizações e posterior avaliação da distribuição de gotas, empregaram-se alvos compostos de cartões de papel sensível à água e lâminas de microscópio, distribuídos sobre o solo. As avaliações foram realizadas em condições de solo recém preparado, em área de pastagem e em culturas de milho, feijão e arroz. Nos diferentes tratamentos empregados, o pulverizador apresentou uma capacidade de campo efetiva média de $1,18 \text{ ha.h}^{-1}$, uma densidade média de gotas de $81,4 \text{ gotas.cm}^{-2}$ e uma quantidade média de produto recuperado ao nível do solo de $64,8 \text{ ng.cm}^{-2}$.

PALAVRAS-CHAVE: protótipo, agrotóxicos, pulverizadores.

INTRODUÇÃO

A aplicação de agrotóxicos consiste em uma delicada operação agrícola, em que uma boa eficiência é de difícil obtenção, estando sujeita a provocar danos muitas vezes expressivos ao ambiente e, quase sempre, representando altos riscos aos operadores dos equipamentos. Existe um grande interesse na redução dos impactos ambientais causados pela agricultura, bem como uma forte demanda por alternativas que conduzam à sua

sustentabilidade. Todavia, a aplicação de agrotóxicos empregada atualmente revela ser um processo desperdiçador, não adequado ao objetivo proposto. Graham-Bryce (1977) estimou que, no caso de inseticidas, menos de 1% do produto aplicado é efetivamente utilizado no controle das pragas.

A utilização correta e criteriosa desse insumo é objetivo cada vez mais almejado, não só por aqueles diretamente ligados à produção agrícola, mas também pela sociedade como um todo (Matuo 1985). Entretanto, é também incontestável que há muita

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Goiás.

Trabalho recebido em ago./2004 e aceito para publicação em mar./2006 (registro nº 604).

2. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Campus II, Caixa Postal 131,

CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mails: barcelos@agro.ufg.br; raa@agro.ufg.br; leao@agro.ufg.br

3. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

desinformação em torno da atividade fitossanitária, levando a um emprego desordenado de agrotóxicos, a despeito de seu objetivo maior e final, que é manter a produtividade (Gravena & Lara 1982).

Os últimos anos foram marcados por constante desenvolvimento dos pulverizadores agrícolas, equipados com comandos eletrônicos, Sistema de Posicionamento Global - GPS, e até mesmo o uso da assistência de ar junto à barra dos pulverizadores. Entretanto, pouco se conhece a respeito da influência dessas modificações na eficiência de controle de pragas e doenças (Van de Zande *et al.* 1994). Um ponto a se destacar na evolução dos equipamentos para aplicação de agrotóxicos é que esta tem se dado quase exclusivamente em máquinas de médio e grande porte, inviáveis para pequenas propriedades rurais, o que demonstra uma visão parcial do problema (Ramos 2001).

A grande maioria de pequenos agricultores, nas diversas partes do país, utilizam exclusivamente pulverizadores costais, de acionamento manual, para a aplicação de agrotóxicos nas mais variadas circunstâncias (FAO 1994). Todavia, o pulverizador de barras é, na atualidade, o equipamento mais utilizado para aplicação de defensivos agrícolas no país (Sartori 1985).

Em pulverizadores dotados de barras, a uniformidade na distribuição transversal da calda aplicada é condicionada pela altura da barra, espaçamento entre bicos, ângulo de abertura dos bicos e pressão de trabalho, entre outros. As oscilações verticais da barra, causadas por irregularidades no terreno, alteram a altura dos bicos em relação ao alvo, prejudicando a uniformidade da distribuição.

Essas oscilações aumentam com o incremento da velocidade de caminhamento do trator, com o comprimento da barra e o não uso de sistemas de amortecimento. Quanto maior o comprimento da barra, mais larga será a faixa de tratamento e, portanto, maior a capacidade de campo efetiva do equipamento. Por outro lado, quanto mais comprida, maior será a oscilação da barra, resultando em uma deposição heterogênea de gotas. Deve haver, portanto, um compromisso entre a qualidade e a rapidez do trabalho, devendo o comprimento da barra ficar dentro de certos limites (Sartori 1985). Atualmente já se desenvolveram pulverizadores com barras extensas que dispõem de sistemas de suspensão dotados de sensores que medem a distância ao solo e fazem a correção devida, automaticamente (Musillami 1982, citado por Santos 1994).

Para a avaliação de pulverizadores agrícolas, Mathews (1975) apresenta diversas opções de metodologias. As determinações da distribuição das gotas e da cobertura do alvo podem ser realizadas pela utilização de alvos artificiais, colocados próximos aos alvos naturais. Alvos artificiais podem apresentar a distribuição das gotas de maneira mais clara, pois são coloridos facilmente por corantes simples, diluídos na calda de pulverização. Há ainda os papéis sensíveis, que revelam a deposição de gotas em função de sua sensibilidade à umidade. Para a visualização das gotas em alvos naturais, pode-se usar corantes especiais, como os fluorescentes que são visíveis sob luz ultravioleta. A distribuição da calda ao longo da faixa pode, ainda, ser avaliada através de calhas para a determinação da deposição, avaliando-se o volume aplicado em cada posição na faixa.

Uma das formas usuais de avaliação da qualidade de uma pulverização é a quantificação do depósito de calda na planta. São exemplos da utilização desta metodologia os trabalhos de Salyani (1988), Salyani & Whitney (1988), Babcock *et al.* (1990), Norbdo (1992) e Derksen & Gray (1995). A distribuição da calda nas várias partes da planta é um fator de grande importância na avaliação da qualidade de uma aplicação. Gupta *et al.* (1992) apresentam trabalho de avaliação da penetração da calda pulverizada no dossel da planta. A determinação da deriva também é comumente utilizada na avaliação de sistemas de pulverização. Santos (1994) relaciona exemplos de trabalhos nesse sentido.

Entre os estudos ainda necessários para pequenas propriedades, está a avaliação da pulverização em função do tipo de bico, da pressão de serviço e do tamanho de gotas produzidas. Como exemplo, Chaim *et al.* (1999) verificaram, na cultura do tomate estaqueado, que 24% a 41% do produto aplicado ficam na planta, 20% a 30% vão para o solo e 30% a 45% são perdidos por evaporação e, ou, deriva. Ramos *et al.* (2001) avaliaram o tamanho de gotas produzido pelos bicos que normalmente equipam os pulverizadores semi-estacionários, em diferentes faixas de pressão, e observaram que na faixa de pressão normalmente utilizada pelos agricultores, o DMV (diâmetro mediano volumétrico) varia de 60 µm a 70 µm, o que evidencia alta probabilidade de evaporação e deriva da calda pulverizada com esses equipamentos. Os autores mencionam que estudos de adequação de equipamentos de aplicação poderiam mitigar significativamente o desperdício de tempo e de produto existentes nesta operação.

Diante da necessidade de desenvolver e avaliar equipamentos de aplicação adequados às condições do pequeno produtor rural, o presente o faz por meio de um protótipo de pulverizador de barras a tração humana, equipado com bicos hidráulicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O protótipo de pulverizador de barras a tração humana foi desenvolvido e avaliado mediante convênio entre a Universidade Federal de Goiás (UFG), a Embrapa Arroz e Feijão e a Agência Goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário (Agência Rural). O equipamento (Figura 1) foi projetado e construído no Laboratório de Mecanização Agrícola, da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG, tendo-se utilizado os seguintes materiais: motor a gasolina (dois tempos, potência de 1,5 kW (2 Hp), marca Óleo-Mac); bomba centrífuga com vazão de 200 L.min⁻¹; pneus aro 355,6 mm (14"); filtro; válvula reguladora de pressão; manômetro; comando hidráulico de duas vias; perfis metálicos; parafusos e conexões diversas; tubos e mangueira de alta pressão 19,05 mm (3/4").

O protótipo apresenta características construtivas e de funcionamento semelhantes àquelas empregadas em pulverizadores tratorizados equipados com barras e bicos hidráulicos. Uma alça de tração posicionada à parte frontal foi projetada objetivando-se reduzir o contato do operador com o produto pulverizado. Utilizou-se um tanque de produtos com capacidade de 50 L, posicionado de forma a oferecer facilidade de abastecimento e limpeza. A agitação da calda de pulverização é produzida pelo retorno do

excesso de líquido bombeado, que ao sair do tanque passa por um filtro instalado no circuito hidráulico do sistema, também posicionado de forma a proporcionar fácil acesso para limpeza.

A estrutura do chassi foi projetada de forma a permitir regulagem da distância entre os rodados. Isso facilita o seu posicionamento nas entrelinhas das culturas, evitando que os pneus amassem as plantas. Tal regulagem pode ser realizada através da variação do comprimento dos dois semieixos que sustentam os rodados.

Outra característica operacional importante do equipamento fundamenta-se na possibilidade de regulagem da altura de aplicação. Tanto a altura do chassi do equipamento como a altura das barras de pulverização podem ser modificadas de acordo com as condições de campo, permitindo pulverizações em culturas de diversos portes. Essas duas alterações podem ser realizadas facilmente pela movimentação de um eixo telescópico que eleva o chassi da máquina e, ou, de uma carretilha que eleva as barras e com os bicos.

A avaliação do equipamento foi realizada determinando-se a densidade de gotas em superfície plana, a capacidade de campo efetiva e a quantidade de produto recuperado; isso, em solo arado e em áreas cultivadas com pastagem, milho, feijão e arroz. Embora não considerados nesta pesquisa, outros parâmetros relevantes na avaliação da eficiência da aplicação são a deriva (Santos 1994) e o espectro de gotas (Cunha & Teixeira 2001).

O pulverizador foi preparado para as aplicações de forma que o tanque de produtos apresentasse a metade da sua capacidade total. As barras de pulveri-



Figura 1. Principais componentes do pulverizador à tração humana: alça de tração (1), tanque de produtos (2), chassi (3), motor (4), bomba centrífuga (5), barra de pulverização (6) e bicos pulverizadores (7).

zação, com 4,5 m de comprimento, foram equipadas com nove bicos de jato cônico D2-23, operando a uma pressão de 200 kPa. Isso resultou em vazão unitária de 0,34 L.min⁻¹ e volume de aplicação de 145 L.ha⁻¹. A altura das barras foi estabelecida em 0,75 m em relação ao nível do solo. O espaçamento entre bicos foi de 0,5 m – distância utilizada na maioria dos pulverizadores comerciais.

A análise da distribuição da pulverização foi realizada mediante a verificação da deposição das gotas em uma faixa de 3,0 m, estabelecida a partir do bico posicionado no centro da barra do pulverizador (FAO 1994). Determinou-se, então, a densidade de gotas (gotas.cm⁻²) sobre superfície plana revestida de asfalto. Para a amostragem das gotas, foram utilizados alvos de papel sensível à água, posicionados de forma aleatória, espaçados em 0,5 m em alinhamento transversal ao deslocamento do pulverizador.

As determinações da densidade das gotas de pulverização (gotas.cm⁻²) e dos depósitos de pulverização (ng.cm⁻²) foram realizadas em parcelas correspondentes a 3,0 m de largura e 8,0 m de comprimento, em condições de solo arado, em área de pastagem e em culturas de milho, feijão e arroz. Na implantação das culturas adotou-se o sistema de preparo convencional do solo e as cultivares AG405 (milho), Aporé (feijão) e Carajás (arroz).

Na aplicação em terreno arado o solo foi preparado com duas gradagens aradoras (espaçadas seis dias entre si) e uma para nivelamento. As aplicações foram realizadas aos nove dias após o término do preparo do solo. Para a aplicação em pastagem escolheu-se uma área com *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster, com altura média de plantas de 0,22 m.

As aplicações na cultura de milho foram realizadas quando as plantas apresentavam altura média de 0,55 m. O espaçamento entre linhas foi de 1,0 m e a densidade média de seis plantas por metro. A cultura do feijão foi estabelecida com espaçamento de 0,50 m entre linhas e quatorze plantas por metro. No período das avaliações as plantas de feijão apresentavam-se com uma altura média de 0,23 m. As pulverizações em arroz foram realizadas em cultura estabelecida com 0,50 m entre linhas, sessenta plantas por metro e 0,30 m de altura média de plantas.

Para a amostragem das pulverizações e posterior determinação da densidade de gotas, foram posicionados cinco alvos compostos por cartões de papel sensível à água posicionados na superfície do solo, na linha de semeadura. Para a recuperação e quantificação do produto aplicado instalaram-se

suportes ao nível do solo, sobre os quais foram posicionados os alvos coletores, compostos por lâminas de vidro de 2,6 x 7,6 cm. Na cultura do milho, feijão e arroz os alvos foram posicionados na entrelinha de semeadura. As marcas deixadas nos cartões de papel foram usadas como indicadores da densidade de gotas nos diferentes pontos amostrados (Matthews 1975, Thornhill 1987, Gupta *et al.* 1992). Para a contagem e posterior determinação da densidade de gotas foram escolhidos, ao acaso, três campos de 1,0 cm² na superfície do papel, sendo a contagem realizada com o auxílio de lupa e contador manual.

Para a recuperação e quantificação do produto aplicado procedeu-se à lavagem das lâminas de vidro em 10 mL de álcool etílico. O corante contido na calda de pulverização (cloreto de hexametil) foi extraído e quantificado por espectrofotometria, sendo a porção do produto recuperada, convertida em ng.cm⁻² (Solie & Gerling 1985, Gupta *et al.* 1992, Womac *et al.* 1993).

A capacidade de campo efetiva, em cada condição de trabalho, foi determinada adotando-se um tempo de aplicação de quinze minutos, sendo a área trabalhada determinada posteriormente. A capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹) foi estabelecida segundo Balastreire (1987):

$$Ce = A / Tc$$

em que:

Ce: capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹);

A: área trabalhada (ha); e

Tc: tempo total de campo (h).

Para a determinação do tempo total de campo (Tc), cronometraram-se o tempo de aplicação e o tempo de manobra, desconsiderando-se o tempo gasto para abastecimento. Isso porque, em razão das diferentes condições de campo, essa variável afetaria de forma diferenciada os valores obtidos.

Para cada tratamento foram realizadas quatro aplicações e para a comparação de suas médias, utilizou-se o teste de Duncan, em nível de significância de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo de pulverizador de barra a tração humana funcionou satisfatoriamente, sendo que os operadores efetuaram as aplicações e regulagens com facilidade. A uniformidade de pulverização, determinada em função do perfil de deposição das gotas recuperadas sobre o solo (Tabela 1), apresentou um

Tabela 1. Densidade de gotas verificada em terreno plano com pulverizador de barras equipado com bicos hidráulicos D2-23, espaçados de 0,5 m, operando sob pressão de 200 kPa.

Número de dados	Distância (m)	Densidade de gotas (gotas.cm ⁻²)
1	- 1,5	166,43
2	- 1,0	187,42
3	- 0,5	169,34
4	0	205,76
5	0,5	176,32
6	1,0	186,67
7	1,5	179,45
Média	-	181,63
Coef. de Variação (%)	-	7,30

coeficiente de variação de 7,30%. Quantick (1985) descreve que em avaliações de pulverização, um coeficiente de variação de até 30% é aceitável, para pulverizações aéreas. Roth *et al.* (1985) enfatizaram que a base para esses valores, contudo, não foi discutida em trabalhos publicados, sendo fundamentada apenas em constatações práticas de pesquisadores. Todavia, segundo a FAO (1994), a análise da distribuição da pulverização gerada por pulverizadores não deve apresentar variação superior a 10%.

Os valores obtidos para a variável densidade de gotas (gotas.cm⁻²), ao nível do solo, na condição de solo arado, foram estatisticamente superiores aos valores obtidos em condição de pastagem, milho, feijão e arroz (Tabela 2). Os valores verificados em área de pastagem apresentaram-se estatisticamente inferiores àqueles verificados nas culturas de milho e arroz.

Comparando a média de densidade de gotas obtida em solo arado e nivelado com os demais valores é possível afirmar que a redução do produto depositado sobre os alvos está correlacionada à interceptação das gotas pelas folhas das culturas, conforme descrevem Santos (1988) e Walker & Huitink (1993),

ou pela perda por deriva (Santos 1988). Outro fator a que se atribui a elevada densidade de gotas em solo arado está correlacionado à dificuldade na manutenção de uma velocidade constante de deslocamento da máquina. Este fator pode ter elevado a taxa de aplicação e, conseqüentemente, o número de gotas depositadas nos alvos.

De acordo com Santos (1986), uma densidade de gotas abaixo de 40 gotas.cm⁻² não é considerada adequada para o combate de pragas sobre folhagens. Da mesma forma que não se admitem densidades inferiores a 40 gotas.cm⁻² e 60 gotas.cm⁻², em aplicações de fungicidas sistêmicos e de contato, respectivamente. Na aplicação de herbicidas, as densidades mínimas descritas são de 40 gotas.cm⁻², para os de contato, e de 30 gotas.cm⁻², para os herbicidas sistêmicos. De maneira geral, considerando-se estes parâmetros, o equipamento desenvolvido se presta para aplicações da maioria dos agrotóxicos, incluindo os herbicidas de contato, já que as médias obtidas na área de ação das plantas invasoras estão dentro dos limites preconizados por Santos (1986). Entretanto, ressalta-se que a modificação de fatores como volume de aplicação, bicos e, ou, pressão de trabalho pode alterar significativamente os resultados.

Avaliando-se as médias de depósitos de pulverização (Tabela 3), obtidas em alvos instalados sobre a superfície do solo, em diferentes situações, observa-se que em condição de solo arado o valor foi estatisticamente superior às demais condições avaliadas. Em pastagem, verificaram-se apenas 24,92 ng.cm⁻². Esse valor reduzido pode ser atribuído ao fato de se ter, em área de pastagem, maior proteção dos alvos pelo dossel das plantas, interceptando a trajetória das gotas pulverizadas.

Evidenciaram-se, ainda, diferenças não significativas entre as culturas anuais estudadas. Todavia, em razão dos diferentes estágios de desenvolvimento das culturas, esses valores podem ter sido influen-

Tabela 2. Densidade de gotas de pulverização observada ao nível do solo, obtida com pulverizador de barras equipado com bicos D2-23, em diferentes condições de aplicação.

Condições de aplicação	Densidade de gotas ¹ (gotas.cm ⁻²)
Solo arado	140,33 a
Pastagem (<i>Urochloa decumbens</i>)	34,00 c
Cultura de milho	87,00 b
Cultura de feijão	60,67 bc
Cultura de arroz	85,33 b
Média	81,46
Coef. de Variação (%)	29,02

¹ Médias seguidas de mesma(s) letra(s) não diferem significativamente entre si (teste Duncan, p<0,05).

Tabela 3. Quantidade de produto recuperado ao nível do solo, obtida com pulverizador de barras equipado com bicos D2-23, em diferentes condições de aplicação.

Condições de aplicação	Quantidade de produto recuperado ¹ (ng.cm ⁻²)
Solo arado	159,08 a
Pastagem (<i>Urochloa decumbens</i>)	24,92 c
Cultura de milho	66,85 b
Cultura de feijão	34,37 bc
Cultura de arroz	38,99 bc
Média	64,84
Coef. de Variação (%)	28,07

¹ Médias seguidas de mesma(s) letra(s) não diferem significativamente entre si (teste Duncan, p<0,05).

ciados significativamente pelas diferenças na área foliar das plantas. Gupta *et al.* (1992) avaliaram a deposição de pulverizações realizadas por um "Spinning-disc" – eletrostático, "Spinning-disc" e bico hidráulico, em culturas de soja, milho e arroz. As análises quantitativas de traços de um corante fluorescente depositado em folhas extraídas de três diferentes alturas do dossel em soja não apresentaram valores significativos, exceto em folhas extraídas da parte baixa das plantas. Todavia, para as densidades de gotas obtidas nos vários tratamentos empregados, evidenciaram diferenças significativas entre os equipamentos, nas três alturas de amostragem.

O valor da capacidade de campo efetiva em área de pastagem (ha.h^{-1}) não diferiu dos valores obtidos em área de cultivo com milho, feijão e arroz (Tabela 4). Todavia, a operação em área com solo recém arado e nivelado apresentou uma capacidade de campo efetiva de $1,02 \text{ ha.h}^{-1}$, significativamente inferior aos demais tratamentos. Esta diferença pode ser explicada pela menor sustentação do solo nesse tipo de terreno, o que gera maior esforço para o tracionamento do pulverizador com a conseqüente redução da velocidade de deslocamento.

De acordo com Mathews (1982), pulverizadores costais apresentam capacidade de campo efetiva variando entre um e dois hectares por dia. Recomenda-se, então, que, para o tratamento diário de áreas superiores a 2,0 ha, seja necessário a utilização de equipamentos mais versáteis. As avaliações do pulverizador a tração humana aqui apresentado indicaram uma capacidade de campo efetiva média de $1,18 \text{ ha.h}^{-1}$. Todavia, esse valor pode variar significativamente sob diferentes condições de campo, sendo influenciado por fatores como: topografia, cobertura vegetal, distância do ponto de abastecimento, taxa de aplicação utilizada, tipo de solo, entre outros.

Tabela 4. Capacidade de campo efetiva verificada com pulverizador à tração humana, equipado com barra e bicos hidráulicos, em diferentes condições aplicação.

Condições de aplicação	Capacidade de campo efetiva ¹ (ha.h^{-1})
Solo arado	1,02 b
Pastagem (<i>Urochloa decumbens</i>)	1,25 a
Cultura de milho	1,21 a
Cultura de feijão	1,23 a
Cultura de arroz	1,23 a
Média	1,18
Coef. de Variação (%)	7,74

¹ Médias seguidas de mesma(s) letra(s) não diferem significativamente entre si (teste Duncan, $p < 0,05$).

Especificamente para os dados obtidos nesta avaliação, acredita-se que estes foram significativamente influenciados pelo curto tempo de trabalho do operador. Em condição de aplicação que demande um tempo maior para a conclusão da operação, poderá haver redução dos valores referentes à capacidade de campo efetiva, em virtude do cansaço físico do operador.

CONCLUSÕES

1. A capacidade de campo efetiva do protótipo de pulverizador, $1,18 \text{ ha.h}^{-1}$, comparada à capacidade média de pulverizador costal descrita na literatura, é considerada plenamente aceitável para os fins a que se destinam os pulverizadores a tração humana.
2. A densidade média de $81,46 \text{ gotas.cm}^{-2}$ obtida com o pulverizador avaliado é considerada satisfatória para a aplicação de agrotóxicos.
3. O coeficiente de variação de 7,30%, determinado em função do perfil de deposição das gotas ao nível do solo, indica uma boa uniformidade da pulverização gerada pelo equipamento.

REFERÊNCIAS

- Babcock, J. M., J. J. Brown & L. K. Tanigoshi. 1990. Volume and coverage estimation of spray deposition using an amino nitrogen colorimetric reaction. *Journal Economic Entomology*, 83 (4): 1633-1635.
- Balastreire, L. A. 1987. Máquinas Agrícolas. Manole, São Paulo. 307 p.
- Chaim, A., V. L. Castro, F. Corrales, J. A. H. Galvão & O. M. R. Cabral. 1999. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (5): 741-747.
- Cunha, J. P. A. R. & M. M. Teixeira. 2001. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (2): 344-348.
- Derksen, R. C. & R. L. Gray. 1995. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayer. *Transactions of the ASAE*, 38 (1): 5-11.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y La Alimentación. 1994. Projeto e uso de equipamentos de pulverização agrícola na América Latina. Parte II: Brasil. Roma, Itália, 22 p.
- Granham-Bryce, I. J. 1977. Crop protection: A consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. *Philosophical*

- Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 281 (1980): 163-179.
- Gravena, S. & F. M. Lara. 1982. Controle integrado de pragas e receituário agrônômico. p. 123-161. In Graziano Neto, F. (Ed.) Receituário agrônômico. Agroedições, São Paulo, 194 p.
- Gupta, C. P., G. Singh, M. Muhaemin & E. T. Dante. 1992. Field performance of a hand-held electrostatic spinning-disc sprayer. Transactions of the ASAE, 35 (6): 1753-1759.
- Mathews, G. A. 1975. Determination of droplets size. Pans, 21 (2): 213-225.
- Mathews, G. A. 1982. Pesticides application methods. Longman, London, 336 p.
- Matuo, T. 1985. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. p. 3-11. In Simpósio brasileiro sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: Eficiência, economia e preservação da saúde humana e do ambiente, 1. Funep, Jaboticabal, São Paulo. 200 p. Anais.
- Norbdo, E. 1992. Effects on nozzle size, travel speed and air assistance on deposition on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiments. Crop Protection, 11: 272-278.
- Quantick, H. R. 1985. Aviation in crop protection, pollution and insect control. Collins, London, 428 p.
- Ramos, H. H. 2001. Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxicos. In Simpósio internacional de aplicação de agrotóxicos (Sintag): Eficiência, economia e preservação da saúde humana e do ambiente, 2. Jundiaí, São Paulo. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.iac.br/~cma/Sintag>>. Acesso em: 17 set. 2002.
- Ramos, H. H., T., Matuo & J. A. Bernardi. 2001. Características da pulverização produzida por bicos Yamaha da série "D". In Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30. SBEA, Foz do Iguaçu. CD-Rom.
- Roth, L. O., R. W. Whitney & D. K. Kuhlman. 1985. Application uniformity and some non-symmetrical distribution patterns of agricultural chemicals. Transactions of the ASAE, 28 (1): 47-50.
- Salyani, M. 1988. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. Transactions of the ASAE, 31 (6): 1680-1684.
- Salyani, M. & J. D. Whitney. 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. Transactions of the ASAE, 31 (2): 390-395.
- Santos, J. M. F. 1986. Aplicação correta no tempo certo. Sinal Verde, 3 (1): 03-07.
- Santos, J. M. F. 1988. Deriva e volatilização em aplicações de defensivos agrícolas. Voar, 61 (1): 30-33.
- Santos, F. 1994. Técnicas de pulverização e transporte de gotas. Vida Rural. p. 23-28. Disponível em: <<http://www.utad.pt/~fsantos/pub-pdf/pul-vrur.pdf>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2003.
- Solie, J. B. & J. F. Gerling. 1985. Spray pattern analysis system for pesticide application. Transactions of the ASAE, 28 (5): 1430-1434.
- Sartori, S. 1985. Pulverizadores para aplicação terrestre tratorizada. p. 47-79. In Simpósio brasileiro sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas: Eficiência, economia e preservação da saúde humana e do ambiente, 1, Simpósio brasileiro sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Funep, Jaboticabal. 200 p. Anais.
- Thornhill, E. W. 1987. Techniques for measuring spray droplets. CDC Course, Tawau, Malasia, 11 p.
- Van de Zande, J. C., R. Meier & M. T. Van Ijzendoorn. 1994. Air-assisted spraying in winter wheat-results of deposition measurements and the biological effect of fungicides against leaf and ear diseases. p. 313-318. In British crop protection conf - Pests and diseases. BCPC, Brighton. Proceedings.
- Walker, J. T. & G. Huitink. 1993. Penetration of Tilt® into a rice canopy. Transactions of the ASAE, 36 (2): 327-332.
- Whitney, R. W. & L. O. Roth. 1985. String collectors for spray pattern analysis. Transactions of the ASAE, 28 (6): 1749-1753.
- Womac, A. R., J. E. Mulrooney & L. F. Bouse. 1993. Spray drift from high-velocity aircraft. Transactions of the ASAE, 36 (2): 341-347.