

PROPOSTA DE MÉTODO PARA INSPEÇÃO EM PULVERIZADORES HIDROPNEUMÁTICOS

Renato Adriane Alves Ruas¹, Diego Sichoeki², Luciel Rauni Dezordi³, Alberto Carvalho Filho⁴,
Pedro Ivo Vieira Good God⁵

(Recebido: 17 de março de 2014; aceito: 23 de julho de 2014)

RESUMO: Os pulverizadores hidropneumáticos transformam a calda em gotículas por meio da passagem do líquido sob pressão, através de bicos hidráulicos. Na sequência, uma forte corrente de ar fraciona novamente as gotas e as transporta até os alvos. São poucos os trabalhos sobre inspeção dessas máquinas, sobretudo pela complexidade do seu funcionamento. Objetivou-se, neste trabalho, propor método simples e prático para coleta de dados relativos à inspeção de pulverizadores hidropneumáticos. O método proposto foi testado em trinta pulverizadores hidropneumáticos, utilizados nas lavouras de café na região do Alto Paranaíba-MG. Verificou-se o volume e o índice de pulverização utilizado nas propriedades empregando-se o método do volume de vegetação. Verificou-se também o volume de ar produzido pelo ventilador dos pulverizadores, para observar se era condizente com o valor especificado pelo fabricante. Construiu-se uma estrutura vertical de 3 m de altura para coleta do líquido pulverizado, a fim de se determinar a uniformidade de distribuição volumétrica ao longo das plantas pulverizadas. Empregou-se o teste de qui-dradado (χ^2) para a verificação da adequação do volume pulverizado ao volume vegetativo. O volume médio pulverizado (581 L ha⁻¹) foi classificado como médio. Entretanto, o índice de volume médio (59 L 1000⁻³) foi considerado elevado. Os volumes pulverizados necessitam de adequações de acordo com as diferentes partes pulverizadas das plantas. Concluiu-se que o método proposto é factível para a avaliação de pulverizadores hidropneumáticos.

Termos para indexação: Tecnologia de aplicação, pulverização, mecanização.

PROPOSED METHOD FOR INSPECTION IN SPRAY HYDROPNEUMATIC

ABSTRACT: The hydropneumatic sprayers transform the slurry into droplets by passing liquid under pressure through pressure nozzles. Following a strong current of air, drops splits again and carries up targets. There are few studies on inspection of these machines, especially the complexity of its operation. Thus, the objective was to propose simple and practical methodology for collecting data relating to the inspection of hydropneumatic sprayers. The proposed methodology was tested in thirty hydropneumatic sprayers used in the coffee plantations in the Alto Paranaíba – MG region. There was spray volume and index properties used in employing the method the volume of vegetation. There was also the volume of air produced by the fan sprayers in order to observe whether it was consistent with the value specified by the manufacturer. Constructed a vertical structure 3 m high to collect the pulverized in order to determine the volumetric distribution uniformity along the liquid sprayed plants. We used the chi square (χ^2) to verify the adequacy of the sprayed vegetation volume. The average spray volume (581 L ha⁻¹) was rated as medium. However, the index of average volume (59 L 1000⁻³) was considered high. The spray volumes need to be adjusted according to the different parts of the sprayed plants. It was concluded that the proposed methodology is feasible for the evaluation of hydropneumatic sprayers.

Index terms: Application technology, spray, mechanization.

1 INTRODUÇÃO

Os pulverizadores hidropneumáticos são máquinas muito importantes no controle de pragas e doenças que atacam lavouras de café. O princípio básico de funcionamento dessas máquinas baseia-se na passagem de líquido pressurizado através de bicos hidráulicos. Em seguida, o líquido se depara com intensa corrente de ar produzida por um ventilador acionado pela tomada de potência do trator, que também realiza certa fragmentação do líquido, mas possui outra finalidade, que é transportar as gotas para o interior da copa do cafeeiro.

Estes pulverizadores apresentam certa complexidade quanto à forma de realizarem os controles fitossanitários, pois, ao fragmentarem a

calda duas vezes, produzem gotas muito pequenas e, portanto, susceptíveis à deriva. Ademais, caso o ventilador não seja bem dimensionado, pode lançar as gotas a distâncias além da copa das plantas, podendo resultar em contaminação de outras áreas. Higashibara et al. (2013) afirmam que a aplicação com pulverizadores hidropneumáticos se caracteriza como um processo bastante ineficiente, devido às perdas comumente ultrapassarem mais da metade dos produtos aplicados.

Desta forma, são aplicados elevados volumes de calda, no intuito de atingir os alvos que, nesse caso, são de difícil acesso. Porém, isso vem de encontro à tendência atual da boa prática agrícola que é a redução dos volumes de caldas aplicados, visando, além da menor contaminação ambiental, redução de custos com transporte de água e mão de obra.

^{1,2,3,4,5} Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus de Rio Paranaíba-MG - Cx. P. 22 38.810-000 - Rio Paranaíba renatoruas@ufv.br, diegolns@yahoo.com.br, luciel.dezordi@gmail.com, acarvalhofilho@ufv.br, pedro.god@ufv.br

Outro ponto importante de ser analisado com relação aos pulverizadores hidropneumáticos é com relação à sua regulagem e calibração. O ajuste do volume de calda a ser aplicado, a vazão de ar do ventilador e a velocidade de deslocamento, devem ser compatíveis com o volume de vegetação da lavoura, visando a colocação da quantidade adequada do produto de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas.

Assim, a determinação do volume de pulverização para culturas arbóreas deve ser feita empregando-se o método do volume de vegetação das plantas ou Tree Row Volume (TRV) (MEWES et al., 2011). Esse método foi desenvolvido por Sutton e Unrath (1988), e consiste na determinação do volume de vegetação existente em um hectare para que seja empregado o índice volumétrico, que representa o volume de calda aplicado por cada 1000 m³ de vegetação. Dessa forma, é muito importante que o operador seja treinado para que possa fazer regulagem e calibração adequada. Porém, o que se observa na prática, é que maior atenção sempre é dada ao produto a ser aplicado e menor ao equipamento e à qualificação dos operadores.

Uma das possíveis maneiras de se alterar esse cenário é estimular agricultores e técnicos a qualificarem seus operadores e manterem seus pulverizadores em condições adequadas de uso. Para tanto, a realização obrigatória de inspeções periódicas nos pulverizadores pode ser uma solução (SANTOS; MACIEL, 2006). Em alguns países da Europa isso já é realidade. Um dos países pioneiros nesse tipo de inspeção foi a Alemanha que, desde 1960, já realiza inspeções para se garantir a qualidade da aplicação. Naquele país, a inspeção é obrigatória desde 1993, e entre 2006 e 2008 foram inspecionados 72.806 pulverizadores (DORNELLES et al., 2009). Nessas inspeções, pulverizadores que não se enquadram em condições técnicas adequadas de uso, são proibidos de operar por apresentarem riscos às pessoas e ao meio ambiente. Na Bélgica, as inspeções são feitas obrigatoriamente nos hidropneumáticos, desde 1995 e, entre 2006 e 2008, foram avaliados 729 equipamentos, sendo que, entre esses, alguns apresentavam defeitos que podiam levar à proibição de sua utilização (RAMOS; CORTÉZ, 2006).

No Brasil, a realização de inspeções periódicas de pulverizadores é mais recente e ainda não é instituída por lei, resumindo-se apenas a algumas ações de centros de pesquisas,

instituições de ensino e cooperativas. Fey (1998) realizou o primeiro trabalho de inspeção no Brasil, em que foi avaliada a condição de pulverizadores de cooperados de uma cooperativa do estado do Paraná. Naquela oportunidade, foram constatadas diversas condições inadequadas, sobretudo quanto ao funcionamento dos manômetros. Em Friburgo-SC foi verificado que, em média, os pulverizadores hidropneumáticos aplicam 12,6% além do volume de calda desejado em função do desgaste das pontas hidráulicas (KREUZ et al., 2003).

Em geral, pouca pesquisa tem sido realizada no Brasil, a fim de se popularizar as inspeções nos pulverizadores hidropneumáticos. Uma das razões possíveis de explicar esse fato é à falta de metodologias e equipamentos disponíveis no mercado para a coleta de dados relativos à operação desses pulverizadores. Dentre os principais desafios, pode-se destacar a coleta de líquido na posição vertical a fim de se determinar a uniformidade de distribuição volumétrica e os efeitos da corrente de ar do ventilador nas avaliações.

Objetivou-se neste trabalho, propor um método simples e prático para inspeção de pulverizadores hidropneumáticos, contribuindo para a implantação de inspeção periódica dessas máquinas, em qualquer região agrícola do País.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O método proposto foi adaptado (SANTOS; MACIEL, 2006) e testado em trinta pulverizadores hidropneumáticos utilizados em lavouras de café, na região do Alto Paranaíba-MG, durante o ano de 2012. A seleção dos pulverizadores foi feita a partir de lista preestabelecida com cooperativas de cafeicultores e associações de produtores rurais. As avaliações foram realizadas sempre logo após as pulverizações terem sido realizadas na propriedade.

Avaliou-se a qualidade das pontas dos pulverizadores comparativamente à vazão esperada por uma ponta nova, de acordo com informações do fabricante. Para a coleta de líquido, utilizou-se mangueira flexível acoplada diretamente no bico, que direcionou toda a água pulverizada para garrafas PET, organizadas em caixa plástica. A mangueira variou de 1 a 2 m e era acoplada diretamente na ponta de pulverização para evitar que, nas pontas superiores, ocorresse perda de calda pelo fato de a ponta se encontrar em ângulo oposto à direção do solo, nesses pulverizadores. Após o acionamento da bomba hidráulica por três minutos, a fim de estabilizar a vazão em todas as pontas, iniciou-se a coleta da água no recipiente coletor e disparou-se o cronômetro.

A cada 5 segundos, se iniciava a coleta da água em um novo recipiente, que correspondia a uma ponta diferente. Ao se passarem dois minutos, a coleta era interrompida, respeitando 5 segundos de intervalo entre um recipiente e outro, conforme a ordem de colocação (RODRIGUES et al., 2008). Depois, foi verificada a massa de água coletada nas garrafas PET, com o auxílio de balança de precisão com capacidade para 15 kg e resolução de 5 g. A operação foi repetida três vezes, em cada pulverizador. Em seguida, determinou-se o desvio padrão volumétrico das pontas. Foi considerado adequado o desvio que não ultrapassasse 10%, em relação à vazão proporcionada por uma ponta nova (BALAN et al., 2006). Com a vazão das pontas, procedeu-se à determinação do volume real de calda aplicada (Equação 01).

$$V_p = \frac{60 \times N_b \times q}{0,1 \times F_v} \quad (01)$$

onde:

V_p = volume real de calda aplicada ($L \text{ ha}^{-1}$);
 N_b = número de bicos;
 q = vazão média das pontas ($L \text{ min}^{-1}$);
 F = espaçamento entre ruas da cultura (m), e,
 V = velocidade (km h^{-1}).

Previamente, foi perguntado para os operadores qual o volume de pulverização utilizado na última aplicação e o valor informado foi comparado com os valores obtidos na determinação do volume real de calda aplicada. Caso houvesse diferença entre esses valores, ela seria considerada como sendo o erro na taxa de aplicação. O limite de erro para que a calibração fosse considerada aceitável foi de 5%, para mais ou para menos, conforme proposto por Landers (2010).

Determinou-se também o volume de ar produzido pelo ventilador dos pulverizadores (Equação 02), comparando-o com o valor especificado pelo manual do fabricante.

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \times \omega_{0i} \quad (02)$$

onde:

Q = vazão de ar ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$);
 a_i = áreas da seção onde se realizam as medições da velocidade do vento (m^2); e,
 ω_{0i} = velocidade em cada ponto (m s^{-1}).

A velocidade do ar foi medida com anemômetro digital AD-250 com resolução de $0,1 \text{ m s}^{-1}$ posicionado a $0,10 \text{ m}$ da saída de ar. A leitura foi realizada duas vezes em cada seção de saída de ar da turbina do pulverizador. Neste trabalho, admitiu-se variação de 10% de volume de ar, em relação ao valor especificado pelo fabricante do pulverizador. Empregou-se a correlação de Pearson, para a análise da vazão de ar produzida pelo ventilador.

Para verificar a uniformidade de distribuição volumétrica dos pulverizadores, foi construída uma mesa vertical para tal finalidade. Ela foi composta por 20 tubos de PVC com $0,5 \text{ m}$ de comprimento, tendo uma das extremidades fechada e a outra cortada em formato de bisel. Os tubos foram fixados em uma haste de metalon, com dimensões de $0,03 \times 0,03 \text{ m}$ e 3 m de altura, em um ângulo de 45° , em relação ao plano horizontal. Construiu-se também uma base, a fim de estabilizar toda a estrutura. Na extremidade fechada de cada tubo, foi feita uma perfuração e nela foi adaptada uma mangueira siliconada com diâmetro de $0,01 \text{ m}$ e comprimento suficiente para alcançar provetas graduadas com resolução de 2 ml e espaçadas a $0,05 \text{ m}$ entre si, fixadas a uma bancada para análise da uniformidade de distribuição de líquido. Para realizar a coleta do líquido aplicado, o pulverizador foi deslocado em frente a essa estrutura um número vezes necessário para coletar volume de água que pudesse ser lido nas provetas da bancada. A análise da uniformidade de distribuição volumétrica vertical foi feita individualmente para os trinta pulverizadores, por meio do teste de χ^2 .

Os percentuais de volume de calda depositados na bancada foram estratificados e comparados ao volume de vegetação das plantas nas quais havia sido realizada a aplicação anteriormente. A determinação do volume de vegetação (Equação 03) consistiu na medição da arquitetura e disposição das plantas na área (Equação 03).

$$TRV = \frac{H \times L \times 10000}{D} \quad (03)$$

onde:

TRV = Volume de vegetação ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$);
 H = altura das plantas (m);
 L = largura das plantas (m); e,
 D = distância entre ruas da cultura (m).
 Posteriormente, determinou-se o índice de volume de pulverização (Equação 04).

$$IV = \frac{Q \times 1000}{TRV} \quad (04)$$

onde:

IV= índice de volume de pulverização (L 1000 m³ ha⁻¹);

Q= volume de pulverização (L ha⁻¹); e,

TRV= volume de vegetação (m³ ha⁻¹).

A análise da deposição de calda em relação ao volume de vegetação foi feita utilizando-se o teste de χ^2 , em que a deposição esperada foi determinada de acordo com o volume vegetativo. A frequência esperada foi o volume de vegetação (E_i) e a frequência observada (O_i) foi o volume de calda depositado na bancada de avaliação. Caso o valor de χ^2 calculado fosse menor que o tabelado, aceitava-se o valor de distribuição volumétrico vertical do pulverizador como sendo adequado para o volume vegetativo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos equipamentos avaliados, 17% apresentaram variação menor que 10% na vazão das pontas, em relação à média do conjunto. Na maioria dos casos (73%), os pulverizadores operavam em pressão condizente com as especificações técnicas. Todas as pontas apresentavam jato do tipo cônico vazio. Tais pontas operam em escala de pressões mais altas, sendo esse o motivo de se encontrar menor ocorrência de pulverizadores com pressões acima do recomendado.

Metade dos pulverizadores avaliados não aplicava o volume de pulverização recomendado. De modo geral, o erro na taxa de aplicação foi de 7,6% a menos do volume recomendado tendo como extremos, aplicações com 53,6% a mais e 54,8% a menos do recomendado. Gandolfo et al. (2013) observaram que 75,5% de pulverizadores dos avaliados no Norte do Paraná foram reprovados, por trabalharem com taxa de aplicação incorreta. Volumes de aplicação acima do recomendado oneram os custos de produção e aumentam a contaminação do ambiente. No caso deste trabalho, os volumes aplicados podem induzir a baixos índices de controle e ainda à resistência devido à aplicação de subdoses.

Apenas 17% dos ventiladores dos pulverizadores proporcionaram volume de ar com variação inferior a 10%, em relação ao valor informado pelo manual do fabricante (Tabela 01). A análise de Pearson detectou que,

46% dos dados de volume de ar (R^2 : 0,46) são explicados pela rotação da tomada de potência. Os demais resultados são explicados em função de correias desgastadas ou mal tensionadas, que não transmitem a rotação adequada à hélice da turbina. Para os pulverizadores hidropneumáticos, esse é um fato muito importante, pois, influencia diretamente na uniformidade de distribuição do líquido pelas plantas. Com volumes de ar inferiores ao recomendado, o produto aplicado não alcançará todas as partes da planta que necessitam ser atingidas. E elevados volume de ar podem lançar o líquido para locais além das plantas, provocando deriva (BALAN et al., 2006).

O volume de pulverização encontrado (581 L ha⁻¹), pode ser classificado como “médio” de acordo com (MATTHEWS, 2002). Entretanto, o índice de volume de pulverização (59 L 1000⁻³) foi, aproximadamente, o dobro do índice de volume de pulverização recomendado para pulverizações em culturas arbóreas na maioria dos países europeus, que é de 30 L 1000⁻³ de vegetação (DORNELLES, 2009). Ressalta-se que são necessários estudos adicionais com deposição e cobertura dos alvos para se verificar a eficácia biológica de controle do volume supracitado. Ramos et al. (2007), trabalhando com pulverizações em citros, observaram que a redução de 30% no volume pulverizado não afetou a quantidade de produto depositado nas plantas, o que representa ganho econômico e ambiental para o processo de produção.

A estrutura metálica construída para a coleta do líquido pulverizado mostrou-se adequada para as avaliações de distribuição de volume de calda e posterior correlação com o volume de vegetação, uma vez que, nenhuma lavoura avaliada ultrapassou 3 m de altura. Porém, para a avaliação de perdas de calda aplicada, sugere-se utilização de estrutura de aproximadamente cinco metros de altura, a fim de se interceptar o líquido pulverizado acima das plantas.

De acordo com o teste de qui-quadrado, a variação da distribuição volumétrica média observada foi de 19,5%, sendo que, em 63% dos casos, os pulverizadores não apresentam uniformidade de distribuição volumétrica vertical proporcional ao volume de vegetação. Esses resultados são reflexos das pontas que apresentaram variação na vazão, e ângulo que não condiz com o padrão de distribuição para as plantas de café.

TABELA 1 - Volume de vegetação (TRV), volume de pulverização, índice de volume de pulverização e vazão de ar da turbina de trinta pulverizadores hidropneumáticos, avaliados na Região do Alto Paranaíba-MG.

Pulverizador	TRV m ³ ha ⁻¹	Volume de pulverização L ha ⁻¹	Índice de Volume L 1000 ⁻³	Vazão de Ar m ³ s ⁻¹
1	8923	735	82	9,37
2	12250	417	34	24,73
3	8100	489	60	5,59
4	8100	401	50	11,53
5	10510	290	28	20,16
6	12656	505	40	20,81
7	8983	475	53	15,07
8	13679	502	37	17,51
9	2956	180	61	8,55
10	11007	447	41	15,08
11	19478	498	26	15,8
12	10360	562	54	14,23
13	10360	524	51	12,54
14	18648	618	33	19,31
15	3544	368	104	5,55
16	21287	2061	97	2,79
17	13460	419	31	10,25
18	13460	768	57	8,28
19	13460	597	44	9,58
20	8122	899	111	9,19
21	4176	381	91	5,86
22	12236	498	41	14,15
23	12236	505	41	17,86
24	11394	737	65	8,12
25	11394	594	52	10,32
26	10001	553	55	12,65
27	5145	779	151	12,06
28	11635	1070	92	15,21
29	7276	313	43	6,27
30	6563	232	35	4,13
Média	10.713	581	59	12
CV%	40	58	49	44

Observa-se que, de modo geral, o perfil de deposição dos volumes aplicados não acompanha o perfil de distribuição de vegetação das plantas. Nas partes mais baixas, o volume de líquido depositado é inferior ao volume de vegetação. Entretanto, nas partes mais altas da planta, verifica-se que elas recebem quantidade de líquido superior ao volume de vegetação (Figura 01). Esse formato de deposição ocorre devido ao direcionamento dos bicos de pulverização além do posicionamento das aletas de condução da cortina do ar, que tendem a direcionar a calda acima das plantas pulverizadas. Também sugere que aplicações, em culturas perenes, devem ser

realizadas com adequação da faixa de pulverização proporcionada pelo equipamento de acordo com o layout da planta, sob pena de comprometer a eficácia do tratamento. No caso das observações feitas neste trabalho, pode ser que as pragas e doenças localizadas na parte mais baixa das plantas sejam controladas com menos eficácia em relação àquelas que normalmente se localizam nas partes mais altas. Alvarenga et al. (2013) sugerem que é possível obter boa uniformidade de distribuição ao longo do perfil vertical quando se altera o ângulo dos bicos de pulverização trabalhando com pulverizadores hidropneumáticos.

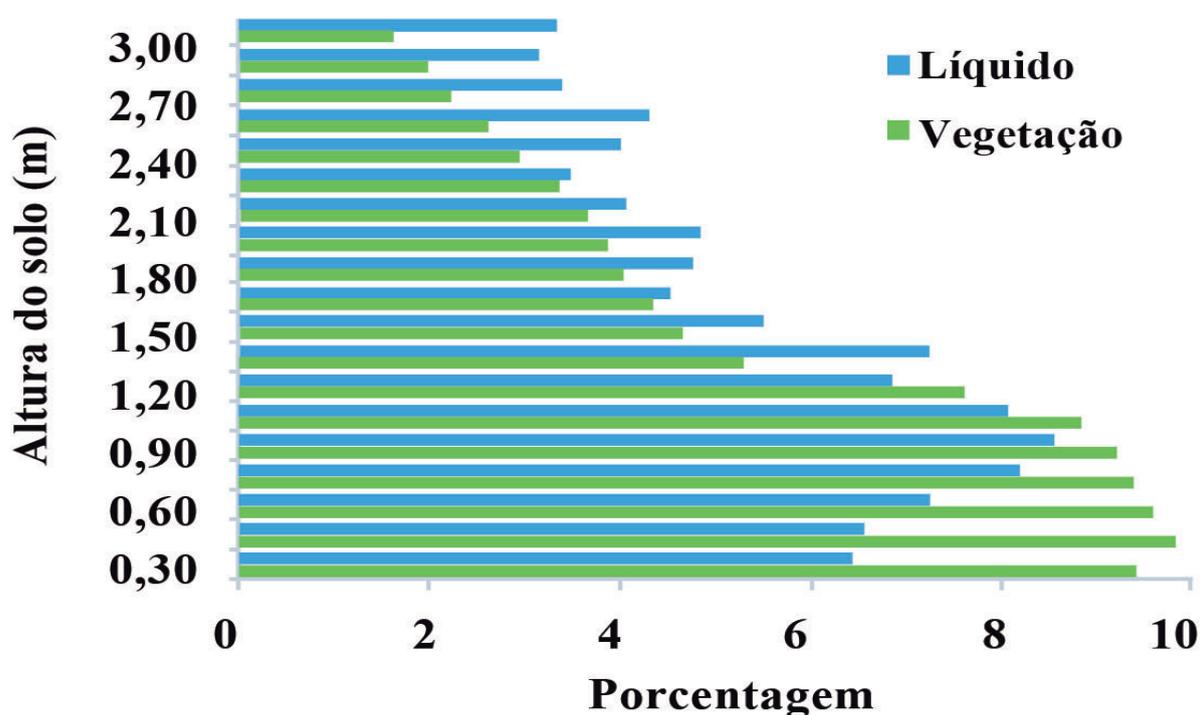


FIGURA 1 - Perfil de distribuição médio de volumes aplicados por pulverizadores hidropneumáticos, ao longo do volume vegetativo de plantas de café.

4 CONCLUSÕES

O método proposto é factível para a avaliação de pulverizadores hidropneumáticos, dispendendo poucos recursos e apresentando resultados confiáveis, podendo ser adotado por cafeicultores e técnicos em diferentes regiões agrícolas.

Apesar de aplicar volumes de pulverização considerados médios, em geral, os índices de volumes aplicados com os pulverizadores hidropneumáticos são elevados.

É necessária a realização de ajustes nos pulverizadores hidropneumáticos, a fim de se adequar a deposição dos volumes aplicados com as partes do cafeeiro a serem pulverizadas.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. B. *et al.* Controle automático do espectro de gotas de pulverizador hidropneumático em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 26-33, 2013.
- BALAN, M. G. *et al.* Depósito e perdas de calda em sistema de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.
- DORNELLES, M. E. *et al.* Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas: histórico e importância. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1600-1605, 2009.
- FEY, E. **Estado de arte do processo de pulverização junto a associados da COOPERVALE**. 1998. 26 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 1998.
- GANDOLFO, M. A. *et al.* Periodic inspection of sprayers: diagnostic to the northern of Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 411-421, 2013.
- HIGASHIBARA, L. *et al.* Turboatomizador e repasse com pistola manual na cobertura de pulverização de agrotóxicos em caqui (*Diospyros kaki* L.f.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 845-849, 2013.
- KREUZ, C. L. *et al.* Criação de valor na cultura da macieira: o caso do uso de pontas de pulverização adequadas nos tratamentos fitossanitários. In: ENCUESTRO ANUAL DE FINANZAS, 3., 2003, Santiago. **Anais...** Santiago: Facultad de Administración y Economía de la Universidad de Santiago, 2003. 1 CD-ROM.
- LANDERS, A. J. Developments towards an automatic precision sprayer for fruit crop canopies. **Annual International Meeting**, Saint Joseph, v. 2950, n. 1008973, p. 49085-9659, 2010.
- MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2nd ed. London: Longman, 2002. 405 p.
- MEWES, W. L. C. *et al.* Deposição de calda em eucalipto utilizando pulverização pneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 283-288, 2011.
- RAMOS, F. J. G.; CORTÉS, M. V. Inspección técnica de equipos para la aplicación de fitossanitário. **Vida Rural**, Zaragoza, v. 227, n. 1, p. 38-42, 2006.
- RAMOS, H. H. *et al.* Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 56-65, 2007. Número especial.
- RODRIGUES, G. J. *et al.* Características do fluxo de ar de um pulverizador hidropneumático para aplicação de agroquímicos em plantas arbustivas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 199-207, 2008.
- SANTOS, S. R.; MACIEL, A. J. S. Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade na avaliação do processo de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 627-636, 2006.
- SUTTON, T. B.; UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. **Plant Disease**, Madison, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988.