

MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE DEPOSIÇÃO DE AGROTÓXICOS NA CULTURA DA MAÇÃ

*A. Chaim¹, S. Scramin², M. C. P. Y. Pessoa², V. L. Ferracini², M. Botton²,
R. M. V. Sanhúenza, A. Kovaleski*

1- Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA), Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariuna, SP.

E-mail: aldemir@cnpma.embrapa.br.

2- Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), Caixa Postal 130, CEP 95.700-000 Bento Gonçalves- RS.

RESUMO

Neste trabalho foi avaliada a deposição de agrotóxicos em plantas adultas de macieira, com e sem frutos, empregando-se duas composições de bicos de pulverização. A Rodamina B foi usada como traçador na calda de pulverização e alvos artificiais para capturar a deposição. As pulverizações foram realizadas com pulverizador do tipo carreta com cortina de ar, sendo que na primeira calibração utilizou-se dois bicos JA-2 e JA-3 e treze bicos JA-1 e, na segunda, 6 bicos leque AVI 110 ISO 04, que produzem gotas grandes, distribuídos alternadamente com 7 bicos JA-1. Não houve diferenças na deposição tanto no experimento com presença ou ausência de frutos bem como entre as duas calibrações testadas. Contudo, houve diferenças na distribuição do traçador nas diferentes regiões da planta, obtendo-se as seguintes deposições: a) apical: 1,35 mg/m², b) mediana externa: 0,52 mg/m², c) mediana interna: 0,38 mg/m², d) basal externa: 0,34 mg/m², e) basal interna: 0,27 mg/m². As perdas de produto para o solo foram de aproximadamente 25% da quantidade total de traçador aplicado. Concluiu-se que o pulverizador avaliado apresenta distribuição de bicos e fluxo de ar liberado pelo ventilador inadequado para a cultura.

Termos para Indexação: pulverização, eficiência de aplicação, perda de agrotóxico.

INTRODUÇÃO

Atualmente tem ocorrido forte pressão mundial dos consumidores quanto a qualidade e segurança dos alimentos bem como quanto os impactos decorrentes da produção agrícola. Nesse contexto, a proposição de Boas Práticas Agrícolas (BPA), vêm incentivando a melhoria contínua de práticas e recomendações que sejam rapidamente incorporadas aos diferentes sistemas de produção, contemplando diretrizes ambientais (ecológicas, sociais e econômicas) bem como outras que propiciam o uso eficiente de energia. São, portanto, a base para programas como a Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC), a Produção Integrada de Frutas (PIF) e outros protocolos de certificação de qualidade ambiental e de produtos, com reconhecimento internacional.

Um dos principais pontos críticos do atual sistema de produção de culturas agrícolas é o uso de agrotóxicos, pois existe a possibilidade de proporcionar contaminações ambientais diretas e indiretas. Neste aspecto, a calibração de equipamentos antes da

pulverização, para o preparo correto da calda, é primordial para o aumento da eficiência do controle fitossanitário e redução de risco de exposição ambiental ao agrotóxico.

Apesar de existirem poucos trabalhos na literatura sobre perdas que ocorrem durante as pulverizações, os desperdícios de agrotóxicos podem ultrapassar 70% do total do produto aplicado. Em culturas de porte rasteiro, como exemplo feijão e tomate, os resultados das perdas verificadas em variam entre 48 e 88% sendo que a deriva e a evaporação foram as principais responsáveis pelo desperdício (Chaim et al., 1999b, 2000).

Chaim et al. (1999c) também determinaram a distribuição de agrotóxico em cultura de porte arbustivo como o tomate estaqueado, em diferentes estádios fenológicos das plantas e as perdas variaram entre 59% a 76% do total da calda aplicada.

Em pulverizações de agrotóxico realizadas com pulverizador do tipo carreta com cortina de ar em pomares adultos de maçã, as perdas para o solo variaram entre 2 e 39% da dose total aplicada e a deriva ficou entre 23 e 45% (Buisman et al., 1989). Em videira, dependendo do tipo de equipamento empregado, as perdas para o solo variaram entre 35% e 49% (Pergher et al., 1997), mas em alguns casos a deposição nas plantas foi superior a 64% do total aplicado (Pergher et al., 1995).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição da deposição da pulverização em dois estádios fenológicos da cultura da maçã, sendo um em pós-colheita de frutos, e o outro, sob intensa carga de frutos próximos da colheita, visando disponibilizar parâmetros de aplicação que permitam aos produtores aumentarem a eficiência dos tratamentos fitossanitários.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em pomares comerciais de maçã, pertencentes a Agropecuária Schio, localizada em Vacaria, RS. Durante a condução do experimento, a temperatura e umidade relativa foram monitoradas com um termohigrômetro Sper Scientific 800016, e a velocidade do vento com um anemômetro manual Davis, modelo Turbo Meter.

Foram realizados experimentos para verificar a deposição de agrotóxicos em plantios comerciais de macieiras da variedade Gala e Fuji. As plantas da variedade Gala se apresentavam com 3,85 m de altura e 2,31 m de largura, as macieiras Fuji se apresentavam com 3,68 m de altura e 2,15 m de largura. As duas culturas foram plantadas com espaçamento de 4,5 m entre linhas por 1,8 m entre plantas, resultando num total de 1235 plantas/ha. A variedade Fuji se apresentava com plena carga de frutos, enquanto a variedade Gala havia sido recentemente colhida.

Como traçador da calda de pulverização, foi utilizada em todos os ensaios a uma solução de 5 gramas de Rodamina por 100 Litros de água. Foram retiradas 6 amostras de calda para confirmação do teor de Rodamina em laboratório.

Utilizou-se o delineamento experimental em parcelas subdivididas "split plot" (Banzatto & Kronka, 1995). Os fatores colocados nas parcelas denominadas tratamentos principais foram os pontos de amostragem para verificar a deposição em regiões das plantas e solo: a) Deposição na região apical, b) Deposição na região mediana externa, c) Deposição na região mediana interna, d) Deposição na região basal externa, e) Deposição na região basal interna, f) Deposição no solo - linha de plantio, g) Deposição no solo - entre plantas.

Os níveis dos fatores casualizados nas sub-parcelas ou tratamentos secundários, foram, o tipo de calibração dos pulverizadores e o estágio fenológico das plantas quanto a presença dos frutos compreendendo: 1) Testemunha - Pulverizador Jacto modelo Valência configurado com dois bicos JA-3, dois bicos JA-2, posicionados na região superior do arco e treze bicos JA-1, na variedade Fuji com frutos; 2) Pulverizador Jacto modelo Valência configurado com dois bicos JA-3, dois bicos JA-2, posicionados na região superior do arco e treze bicos JA-1, na variedade Gala sem frutos 3) Pulverizador Jacto modelo Valência com arco de pulverização configurado com 6 bicos AVI 110 ISO 04, distribuídos alternadamente com 7 bicos JA-1, na variedade Fuji com frutos.

O experimento completo constituiu-se de sete tratamentos principais, três secundários e cinco repetições resultando em 105 parcelas. Cada bloco com os sete tratamentos principais e três secundários foi constituído de quatro linhas de plantio de macieiras com 90 metros de comprimento com sub-parcelas de 30 metros de comprimento. As amostras de deposição foram coletadas em 4 plantas nas duas linhas centrais de cada sub-parcela. As amostras de deposição sobre o solo também foram coletadas próximas as 4 plantas escolhidas.

Para verificar a deposição foram utilizados alvos artificiais constituídos de cartão mata-borrão com 250 g/m² de gramatura, com dimensões de 2,0 cm de largura por 10,0 cm de comprimento. Os cartões foram grampeados nas páginas inferiores das folhas nas regiões apical (0,3 m do tipo das plantas), mediana (aproximadamente ha 1,8m de altura em relação ao solo) e basal (aproximadamente ha 0,8 m de altura em relação ao solo).

Na região apical das plantas, os alvos foram dispostos nas folhas da superfície externa da copa das plantas em quatro pontos equidistantes, sendo dois acompanhando a linha de plantio e dois em lados opostos perpendiculares a linha de plantio. Nas regiões mediana a basal, os alvos foram distribuídos em posições externas e internas da copa das plantas. Para cada planta escolhida para ser amostrada, colocou-se cartões de amostragem acondicionados em discos de Petri sobre o solo, sendo um na linha (sob a planta) e outro na entre linha de plantio.

Assim, foram distribuídos 22 alvos para coletar a deposição em cada planta e solo, resultando em 264 por bloco ou 1320 alvos para todo o experimento. Após as pulverizações as amostras foram recolhidas, observando-se visualmente as manchas avermelhadas das gotas da calda do traçador. Os alvos de amostragem de cada região foram misturadas e separando-se lotes de 5 cartões, para composição da amostra para extração da Rodamina.

A Rodamina de cada amostra foi extraída em volume de 40 mL numa solução de água e 0,1% de Tween 80 (polioxietilensorbitano monooleato). Após leve agitação, volumes de aproximadamente 3,0 mL dos extratos das amostras foram adicionados em cubetas de borosilicato, para a quantificação com Fluorômetro Turner Modelo 450, equipado com filtro de excitação NB 540 e filtro de emissão SC 585.

São apresentados na Tabela 1 as características operacionais das aplicações realizadas nas variedades Fuji e Gala. A concentração de Rodamina verificada pela análise fluorimétrica confirmou uma concentração média de $45,1 \pm 0,2$ mg/L.

TABELA 1. Características operacionais das pulverizações realizadas em macieiras das variedades gala e fuji.

Vazão do pulverizador	37	L/min
Velocidade do trator	83	m/min
Distância percorrida	2222	m/ha
Tempo consumido para pulverizar um ha	27	Minutos/ha
Volume consumido	990	L/ha
Concentração da calda aplicada	$45,1 \pm 0,2$	mg/L
Dose de Rodamina aplicada	44578	mg/ha

A vazão dos ramais equipados com maioria de bicos JA-1 ou 50% de bicos do tipo leque AVI, foi aproximadamente a mesma e isso permitiu estimar que o volume de calda aplicado ficou em torno de 990 L/ha em todos os ensaios. Desta forma, a dose total de Rodamina aplicada foi estimada em 44578 mg/ha.

Durante as pulverizações, foi observado total ausência de ventos mas em função do horário de cada aplicação houve alteração na temperatura e umidade relativa. Desta forma na pulverização realizada na variedade Gala, verificou-se temperatura de 27° C a sombra, e 52% de umidade relativa. A pulverização na variedade Fuji, com composição de bicos JA-1, foi realizada sob temperatura de 31° C e umidade relativa em torno de 46%. A pulverização em Fuji com composição de bicos leque tipo AVI ocorreu sob temperatura de 22° C e 48% de umidade relativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tem ocorrido ampla divulgação de fabricantes, sobre as propriedades dos bicos do tipo leque AVI, que durante o processo de pulverização aspiram ar por efeito venturi, incorporando-o nas gotas (Hall, 2002). Segundo o autor, esse tipo de bico têm sido recomendado para casos de prevenção de deriva, porque o tamanho das gotas produzidas é maior que aquelas produzidas pelos bicos leques convencionais. O grande tamanho das gotas pôde ser confirmado visualmente através das manchas produzidas pela calda com Rodamina, que superaram facilmente 2,0 mm de diâmetro, nos papéis utilizados como alvos de amostragem. Também foi constatado visualmente, que a densidade de gotas proporcionada pelo bico AVI foi inferior a 40 unidades por centímetro quadrado. A densidade de gotas proporcionada pelos bicos cones de baixa vazão foi muito elevada e impossível de ser contada visualmente nas condições de campo.

O problema da utilização de gotas grandes, é proporcionado pela dificuldade de penetração no interior da cobertura de folhas das plantas e, principalmente, na distribuição do agrotóxico na superfície vegetal. Segundo Matthews (1982) a gota pequena consegue acompanhar o movimento de vento mudando de direção quando existem grandes obstáculos sua trajetória, possibilitando maior deposição nas regiões internas das plantas. A gota grande, devido ao peso, adquire maior energia cinética e apresenta uma trajetória retilínea, se chocando apenas nos primeiros obstáculos. Neste caso, a deposição fica restrita as camadas de folhas mais externas das plantas (Matthews, 1982). Por outro lado, a gota pequena, devido a maior disponibilidade em número, possibilita uma maior densidade de deposição por unidade de área, o que é fundamental na aplicação de fungicidas de contato. Por exemplo, se um litro calda fosse dividido em esferas uniformes, seriam produzidas 15.625.000 gotas de 400 micrômetros, ou 1.909.854.851 gotas de 100 micrômetros. Neste caso, haveria uma disponibilidade 122 vezes maior de gotas pequenas para deposição na superfície da planta.

TABELA 2. Comparação entre médias de resíduos de traçador (mg/m²) encontrados em diferentes regiões de amostragem, em variedades de maçã com e sem frutos, pulverizadas com diferentes composição de bicos.

Tratamentos principais - Região de amostragem	Tratamentos secundários		
	Fuji com frutos pulverização com bicos JA-1 (Testemunha)	Fuji com frutos pulverização com bicos AVI 110-ISO-O4	Gala sem frutos pulverização com bicos JA-1
	Apical	B 1,29 ^a	C 0,73 ^{ab}
Mediana externa	A 0,35 ^b	A 0,70 ^{ab}	A 0,50 ^{bc}
Mediana interna	A 0,37 ^b	A 0,39 ^{bc}	A 0,37 ^{bc}
Basal externa	A 0,31 ^b	A 0,31 ^c	A 0,40 ^{bc}
Basal interna	A 0,21 ^b	A 0,35 ^{bc}	A 0,24 ^c
Solo linha de plantio	AB 0,98 ^{ab}	A 1,39 ^a	B 0,72 ^b
Solo entre plantas	A 0,54 ^b	A 0,81 ^a	A 0,60 ^{bc}

Em cada coluna médias seguidas de mesma letra (a, b, c ou d) não diferem entre si pelo teste Tukey (p>0,05). Em cada linha, médias precedidas de mesma letra maiúscula (A, B ou C) não diferem entre si pelo teste Tukey (p>0,05)

Considerando os resíduos recuperados do traçador (Tabela 2), não foi confirmada a superioridade de deposição de gotas pequenas produzidas pelos bicos JA-1 em relação às grandes produzidas pelos bicos AVI, exceto para a região apical das plantas onde gotas pequenas apresentaram vantagens. Contudo, deve ser considerado que no arco de pulverização utilizado com os bicos AVI, havia 50% de bicos JA-1 que podem ter sido responsáveis pela deposição no interior das plantas. A maior deposição na região apical obtida com arco de pulverização equipado com maioria de bicos JA-1, pode ter sido causada por uma distribuição irregular de vazão, porque haviam 2 bicos JA-2 e 2 bicos JA-3 orientados para projetar suas gotas na região apical das plantas. Com o objetivo de redução da deriva, os agricultores tem adotado uma distribuição de bicos nos ramais de pulverizadores de frutíferas, fixando alguns que produzem gotas grandes na região mais elevada da saída do ventilador. Entretanto, para uma mesma pressão, os bicos que produzem gotas grandes são aqueles que apresentam maior vazão de líquido, e por esta razão, se não forem corretamente posicionados no arco de pulverização, a distribuição de calda de agrotóxicos nas plantas, será irregular. Palladini (1990) comprovou que a

deposição de agrotóxicos das plantas de citros é melhor distribuída, quando o arranjo dos bicos libera 50% do líquido na parte superior e 50% na inferior do arco de pulverização do equipamento.

O resíduo médio estimado nas plantas ficou em torno de 0,57 mg/m², a media estimada na região apical foi de 1,35 mg/m² e mas a média da região interna das plantas ficou em 0,27 mg/m². Desta forma, verifica-se que na região apical houve uma deposição equivalente a 237% da dose média, decrescendo para as regiões interiores até atingir 47% na porção basal interna. Essa irregularidade de distribuição pode prejudicar o controle de doenças, principalmente nas regiões inferiores das plantas, onde a subdosagem de fungicida pode proporcionar o aparecimento de raças de fungo resistentes ao produto. Por outro lado, esse resultado de deposição decrescente do ápice para a base das plantas também foi observado para outra culturas, por Chaim et al. (1999a, 1999b, 2001).

Os resultados de deposição nas regiões mediana e basal internas também confirmam que a presença de frutos não influenciou a penetração de gotas, apesar de ser utilizado uma composição de bicos que produzem gotas pequenas (Tabela 2).

O resíduo encontrado no solo na linha de plantio (Tabela 2) foi, na maioria das comparações, maior do que os encontrados na região mediana e basal das plantas, indicando que a distribuição do fluxo de ar da turbina do pulverizador, bem como dos bicos de pulverização não estava adequada para a cultura da maçã. As perdas de fungicidas para o solo não são desejáveis, porque além dos possíveis impactos negativos que proporcionam nos organismos vivos desse substrato, apresentam reflexos diretos no custo de produção.

Foi possível estabelecer a porcentagem de perda de traçador para o solo, considerando a estimativa da média dos resíduos encontrados nas áreas sob as plantas e nas entre-linhas (Tabela 3). As médias dos resíduos foram extraídas da Tabela 2 e transformadas em mg/ha.

TABELA 3. Perda de agrotóxicos para o solo e sua porcentagem em relação a dose total aplicada.

Variedade/ e bicos	Resíduo médio perdido para o solo (mg/ha)	Perda em relação a dose total aplicada (%)
Fuji com bicos JA-1 (Testemunha)	7590	17
Fuji com bicos AVI 110-ISO-O4	10990	25
Gala com bicos JA-1	6570	15

O equipamento equipado com bicos AVI que produz gotas grandes proporcionou uma perda significativamente grande para o solo atingindo valores (25%), semelhantes aos obtidos por Buisman et al. (1989). Desta forma se esse tipo de bico controla a deriva para fora da área alvo, ele aumenta a deriva dentro da área tratada, contaminando o solo.

Os resultados globais dos experimentos, indicaram necessidade de modificações importantes na distribuição dos bicos e no ventilador do pulverizador, para obtenção de

jato de gotas, que favoreçam uma deposição mais uniforme de agrotóxico nas plantas. Um ou mais bicos cujos jatos foram orientados para atingir a região basal das plantas poderiam ser reorientados, ou eliminados, para evitar as perdas de fungicida para o solo.

CONCLUSÕES

- 1- Pulverizador do tipo carreta com cortina de ar equipado com arco de pulverização com maior quantidade de bicos cones JA-1, não apresentam deposição de agrotóxico diferente do equipamento equipado com 50% de bicos do tipo leque AVI
- 2- A deposição de agrotóxicos em macieiras foi decrescente, da região apical para a basal.
- 3- A presença de frutos não influenciou a deposição de agrotóxicos nas macieiras.
- 4- O equipamento com 50% de bicos cones JA-1 e 50% de bicos leque do tipo AVI, utilizados na pulverização de 990 L/ha de calda em macieiras, proporcionam perdas de aproximadamente 25% de agrotóxico para o solo.

REFERÊNCIAS

1. BANZATO D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.
2. BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an air-blast sprayer, and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics. *Journal of Environmental Science and Health*, New York, v. 24, n. 4, p. 389-411, 1989.
3. CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, n.5, p.741-747, 1999a.
4. CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente. 1999b. 29p (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa, 2).
5. CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; CASTRO, V. L. S. S.; FERRACINI, V. L.; GALVÃO, J. A. H. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. *Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente*, Curitiba, v.9, p.65-74, 1999e.
6. CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. *Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente*, Curitiba, v.10, p.65-74, 2000.
7. CHAIM, A., PAVAN, L.A., ALVARENGA, N.A, FERRACINI, V. L., PESSOA, M.C.P.Y, SCRAMIN, S. Avaliação da eficiência na aplicação de defensivos na cultura do algodão. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. Anais. Campo Grande: UFMS, 2001. p. 120-122.
8. HALL, F. R. Spray drift. In: PIMENTEL D. *Encyclopedia of pest management*. New York, Malcel Dekker, 2002. p. 784-787.

9. MATTHEWS, G.A. Pesticide application methods. New York: Longman, 1982. 336 p.
10. PALLADINI, L. A. Efeito de condições operacionais de um turboatomizador na cobertura de folhas de citros. 1990. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal. 1990.
11. PERGHER, G.; GUBIANI, R. The effect of spray application rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. Journal of Agricultural Engineering Research, London, n.61, p. 205-216, 1995.
12. PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. Crop protection, Oxford, v.16, n.1, p.25-33, 1997.