

AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM OPERAÇÃO DE REPASSE EM CANA-DE-AÇÚCAR E SEGURANÇA PARA O TRABALHADOR¹

Evaluation of Herbicide Application Using Backpack Sprayers for Post-Emergence Weed Control in Sugar Cane Crop and Safe Work Conditions

MACHADO NETO, J.G.²e MACHADO, R.F.³

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho classificar em seguras ou inseguras as condições de trabalho de aplicação da formulação comercial de paraquat a 0,5% e de abastecimento dos tanques em operação de repasse em cultura de cana-de-açúcar com os pulverizadores costal manual, costal pressurizado e Pulmipur manual; determinar o efeito das variações na operação de repasse em quatro usinas de açúcar e álcool com o pulverizador costal pressurizado sobre as exposições dos trabalhadores ao paraquat; determinar a eficácia de equipamentos de proteção individual nessas condições de trabalho; e avaliar a intensidade da deriva e a eficácia de acessórios protetores de deriva. As exposições dérmicas e respiratórias dos trabalhadores foram avaliadas e utilizadas para calcular a margem de segurança (MS). Os valores de MS foram utilizados para classificar essas condições de trabalho em seguras ($MS \geq 1$) ou em inseguras ($MS < 1$). Para avaliar a deriva das aplicações na cultura e a eficácia dos protetores de deriva, foram estudados os tratamentos: formulação comercial de paraquat a 0,5% na calda, aplicada com o costal manual, sem e com o chapéu de proteção de deriva; com o costal pressurizado, sem e com a planilha de proteção de deriva; formulação comercial de paraquat pura com o Pulmipur; formulação comercial de glyphosate a 1% com o costal pressurizado e com a planilha, e puro com o Pulmipur; e testemunha sem aplicação. As duas atividades com o Pulmipur proporcionam as maiores exposições dérmicas, devido ao manuseio da formulação, e são inseguras sem o uso dos EPIs e seguras com estes. As atividades com o pulverizador costal manual ou pressurizado são seguras com ou sem os EPIs. As grandes diferenças nas EDs dos trabalhadores se devem às diferenças no tempo de trabalho diário e no número de trabalhadores nas equipes entre as usinas de açúcar e álcool. O protetor de deriva tipo chapéu é eficaz no controle da deriva na aplicação do paraquat, e a planilha, não.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, controle de deriva, equipamentos de proteção individual - EPIs, risco de intoxicação, segurança no trabalho.

ABSTRACT - The aims of this study were to classify as safe or unsafe the work conditions under which a commercial formulation of paraquat at 0.5% was applied and the loading tanks used for post-emergence weed control of a sugar cane crop, using a hand-held, pressurized sprayer or Pulmipur hand-held backpack sprayer; to determine the effect of variations in herbicide application at four Sugar and Alcohol Plants using a pressurized backpack sprayer on worker exposure to paraquat; to assess the efficacy of personal protective equipments (PPEs) under these work conditions; and to evaluate the extent of drift and PPE efficacy against drift. Dermal and respiratory exposure of the workers was determined and used to calculate the margin of safety (MOS). The MOS values were utilized to classify these work conditions as safe ($MOS \geq 1$) or unsafe ($MOS < 1$). To evaluate the drift resulting from application on the crops and the efficacy of protective gear

¹ Recebido para publicação em 6.2.2007 e na forma revisada em 25.10.2007.

² Prof. Adjunto do Dep. de Fitossanidade da FCAV/UNESP – Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, 14844-900. Jaboticabal-SP, <joaquim@fcav.unesp.br>; ³ Acadêmico do Curso de Agronomia da FCA/ UNESP – Campus de Botucatu – SP, <remachado512@uol.com.br>.



against it, the following treatments were studied: a commercial formulation of paraquat at 0.5% in the spray mix, applied with the hand-held backpack sprayer, with and without protective hat against drift, and with pressurized backpack sprayer, with and without protective shield against drift; a commercial formulation of pure paraquat with Pulmipur; a commercial formulation of glyphosate at 1% (utilized as standard treatment for comparison) applied with the pressurized backpack sprayer and shield, and pure glyphosate with Pulmipur; and control without application. The two activities with Pulmipur produced the greatest dermal exposures due to formulation handling and were considered unsafe without the use of PPEs and safe with the PPEs. The activities using hand-held or pressurized backpack sprayer were safe with or without PPEs. The great differences in the dermal exposures of the workers were due to the differences in daily work time and number of workers in the teams of the Sugar and Alcohol Plants. The hat type protective gear against drift was effective under paraquat application whereas the shield was not.

Keywords: sugar cane, drift control, personal protective equipment-PPEs, occupational intoxication risk, work safety.

INTRODUÇÃO

Na cultura de cana-de-açúcar normalmente há necessidade da operação de repasse para controlar as plantas daninhas remanescentes e que ocorrerem nas lavouras após o controle inicial. A necessidade da operação de repasse ocorre porque nenhum método proporciona controle total das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura. Essa operação é obrigatória nas áreas de colheita mecanizada, que deve ser realizada com a cultura livre de plantas daninhas.

A operação de repasse é realizada com herbicidas não-seletivos, aplicados em jato dirigido às plantas daninhas, de modo a não atingir as folhas das plantas de cana-de-açúcar. Entretanto, em função do equipamento de aplicação, as gotas de pulverização podem derivar das plantas-alvo (daninhas) e atingir as folhas das plantas da cultura. Azania et al. (2005) estudaram a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência inicial e tardia em cultura de cana-de-açúcar com pulverizador costal pressurizado e verificaram que nesta última todos os herbicidas prejudicaram a produtividade agrícola da cultura, devido à ocorrência de deriva das gotas pulverizadas.

A intensidade da deriva e dos efeitos danosos do herbicida nas plantas de cana-de-açúcar depende da técnica de aplicação e, principalmente, do tipo de pulverizador. Para segurança das condições de trabalho, espera-se que a exposição do trabalhador seja maior quanto

maior for a deriva da aplicação. Dessa forma, há necessidade de avaliar os riscos de intoxicação do trabalhador e da deriva nas aplicações dos herbicidas nesta operação, a fim de adotar medidas de controle tanto da deriva quanto da exposição dos aplicadores.

Entres as possibilidades de controle de deriva das aplicações de herbicidas não-seletivos encontram-se os acessórios protetores de jato tipo chapéu (Jacto, 2006). Algumas usinas de açúcar desenvolveram um acessório denominado de planilha, composta de uma placa plana de fibra de vidro, ou material semelhante, com um cabo. Na operação de repasse, a planilha é levada na mão do trabalhador, que, durante a aplicação, a posiciona entre o jato de gotas e as folhas das plantas de cana-de-açúcar.

As aplicações dos agrotóxicos em condições de campo, em ambiente aberto, caracterizam-se pelo uso de agrotóxicos pouco voláteis e pela dispersão extremamente rápida das gotas da pulverização no ar atmosférico. Nessas condições, são importantes as vias de exposição dérmica e respiratória, que são responsáveis por mais de 99,0% e menos de 1,0%, respectivamente, da exposição total (Wolf et al., 1972). A exposição dérmica extremamente maior deve-se ao fato de que os trabalhadores ficam expostos às gotas da pulverização suspensas no ar ou impulsionadas em sua direção, que atingem a pele, e não a vapores orgânicos tóxicos.

Nas aplicações de repasse do herbicida paraquat na cultura da cana-de-açúcar, como

na de qualquer outro produto fitossanitário, há um risco intrínseco de intoxicação do trabalhador. Esse risco depende de diversos fatores relativos à toxicidade do herbicida e à exposição do trabalhador proporcionada pelas condições de trabalho (van Hemmen, 1992). Poucos fatores influenciam a toxicidade do herbicida, dentre os quais se destaca a formulação. Por outro lado, diversos fatores afetam a exposição do trabalhador, como o tipo de equipamento de aplicação e a atividade realizada, aplicação e preparo de calda/abastecimento de tanques (Garcia, 2001).

Portanto, os efeitos desses fatores devem ser quantificados para se fazer o gerenciamento adequado da deriva e da segurança nas aplicações de paraquat com os diversos equipamentos manuais utilizados na aplicação de repasse na cultura de cana-de-açúcar. A deriva das pulverizações pode ser controlada com acessórios mecânicos de proteção, e as exposições, com equipamentos de proteção individual (EPIs). Ainda há grande dificuldade de encontrar artigos científicos específicos sobre esses temas em estudo, fato este que restringe a comparação e a discussão dos resultados deste trabalho.

Objetivou-se com este trabalho classificar, em seguras ou inseguras, as condições de trabalho de aplicação e de abastecimento dos tanques com a formulação comercial de paraquat em operação de repasse em cultura de cana-de-açúcar com os pulverizadores costal manual, costal pressurizado e Pulmipur manual; determinar o efeito das variações na operação de repasse em quatro usinas de açúcar e álcool com o pulverizador costal pressurizado sobre as exposições dos trabalhadores ao paraquat; determinar a eficácia de equipamentos de proteção individual nessas condições de trabalho; e avaliar a intensidade da deriva e eficácia de acessórios protetores de deriva e o controle das plantas daninhas com o paraquat.

MATERIAL E MÉTODOS

Segurança das condições de trabalho

Pulverizadores e condições de campo

O pulverizador costal manual utilizado foi do modelo PJH, da marca Jacto, equipado com

lança de 0,5 m, um bico de jato plano Teejet, modelo XR 110 01, e pressão de 2,8 a 3,0 kgf cm⁻². Nas áreas aplicadas predominavam grama-seda (*Cynodon dactylon*), tiririca (*Cyperus rotundus*) e capim-colchão (*Digitaria horizontallis*), que cobriam entre 20 e 100% da superfície do solo nas entrelinhas. As exposições foram avaliadas em dez repetições, cada qual com a aplicação de quatro tanques abastecidos com 13 L de calda, na usina 1. O tempo de aplicação efetiva dos quatro tanques de calda variou de 47 a 54 min. As exposições dérmicas dos abastecedores de tanque foram avaliadas em 16 abastecimentos por repetição, os quais foram realizados com baldes de 10 L. Os pulverizadores permaneciam nas costas dos trabalhadores e assentados sobre um tambor de 200 L posicionado ao lado do tambor de 200 L, com a calda previamente preparada.

As exposições com o pulverizador Pulmipur foram avaliadas nas operações de aplicação e de abastecimento do tanque de 1 L com a formulação comercial de paraquat pura, na usina 3, e aplicação em ultrabaixo volume (Matthews, 1985). A eficiência dos equipamentos de proteção individual (EPIs) não foi avaliada, mas os controles das exposições dérmicas potenciais foram considerados como os valores médios citados por Lundehn et al. (1992). As plantas daninhas predominantes nas áreas aplicadas foram os capins colchão e marmelada, caruru e picão-preto (*Bidens pilosa*). A operação de abastecimento consistiu em abrir a embalagem original que contém a formulação original de paraquat (bombona de plástico PEAD de 10 L), contendo calda com o cátion cobre até completar 90% do volume do tanque do pulverizador.

As aplicações com o pulverizador costal pressurizado foram realizadas com equipamentos da marca Martinelli, com tanque de aço inoxidável de 20 L, equipado com uma lança de 0,5 m e um bico de jato plano Teejet, modelo XR 110 02, e pressão de 3,5 kgf cm⁻². Nas áreas aplicadas na usina 1 predominavam grama-seda (*Cynodon dactylon*), tiririca (*Cyperus rotundus*) e capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), que cobriam entre 20 e 100% do solo; na usina 2, capim-colchão, capim-brachiária (*Brachiaria decumbens*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), caruru (*Amaranthus* spp.) e leiteiro (*Euphorbia*



heterophylla); na usina 3, capim-colchão, capim-marmelada, caruru e picão-preto (*Bidens pilosa*); e na usina 4, capim-colchão, capim-marmelada e caruru. O acessório de proteção de deriva das gotas pulverizadas nas plantas da cultura, denominado de planilha, foi usado apenas nas áreas agrícolas da usina 3. Nenhum acessório de proteção de deriva das gotas da pulverização foi usado nas demais aplicações.

O abastecimento do tanque do pulverizador costal pressurizado foi feito com calda pronta, retirada diretamente do tanque do caminhão de apoio, pressionada por compressor. O abastecimento foi realizado com o engate rápido da mangueira de abastecimento.

Avaliações das exposições

As exposições dérmicas e respiratórias proporcionadas pelas condições trabalho aos trabalhadores foram avaliadas na operação de repasse, ou catação, na cultura da cana-de-açúcar, e no preparo de calda ou abastecimento do tanque dos pulverizadores manuais. O cátion cobre de um fungicida cúprico foi utilizado como traçador nas caldas manuseadas em concentrações entre 642,0 e 5.425,0 ppm. As aplicações foram realizadas em pós-emergência das plantas daninhas, nos estádios de florescimento ou florescidas. As culturas de cana-de-açúcar nas usinas de açúcar e álcool em que os estudos foram realizados estavam com o espaçamento de 1,5 m entre as linhas de plantio, e as plantas, com 1,2 a 2,0 m de altura das folhas mais altas e fechando as entrelinhas.

Foram avaliadas as exposições dérmicas potenciais (EDPs) e as exposições respiratórias potenciais (ERPs). Com o pulverizador costal manual, a eficiência dos equipamentos de proteção individual (EPIs) foi estimada considerando-se como 80% de controle da exposição dérmica potencial nas regiões do corpo protegidas por macacão com capuz, 95% por botas impermeáveis, 99% por luvas impermeáveis e na via respiratória, e 90% por máscaras, de acordo com Lundehn et al. (1992). Com os pulverizadores costal pressurizado e Pulmipur foram avaliadas as exposições dérmicas potenciais e as exposições dérmicas não controladas (EDNCs) pelos EPIs em teste. As avaliações com o pulverizador costal manual foram realizadas na área agrícola da usina 1; com o Pulmipur,

na usina 3; e com o pressurizado, nas usinas 1, 2, 3 e 4, caracterizadas como usinas-padrão do Estado de São Paulo.

As exposições às caldas foram estimadas por meio dos dados da exposição ao cátion cobre, quantificado nos amostradores das exposições e respectivas concentrações nas caldas. O critério de aceitação das repetições foi: apenas aquelas com valores compreendidos entre a média \pm três vezes o desvio-padrão da média calculada com todas as repetições (WHO, 1982). Os dados de exposições às caldas com o fungicida cúprico foram utilizados como dados substitutos para estimar as exposições ao paraquat, considerando-se a formulação Gramoxone (200 g L⁻¹), de acordo com Jensen (1984).

As vestimentas amostradoras das exposições dérmicas utilizadas nas avaliações foram macacões de tecido de algodão do tipo brim grosso, com mangas compridas e capuz, luvas de algodão e absorventes higiênicos femininos, marca Carefree, de acordo com Machado Neto (1990) e Machado Neto et al. (1992). O macacão foi utilizado para quantificar as exposições na cabeça + pescoço, tronco (atrás e frente), braços e pernas (atrás e frente), e as luvas, nas mãos.

Os absorventes higiênicos femininos foram afixados sobre máscaras semifaciais para quantificar a exposição na face, e a dos pés, sobre a parte mediana superior dos pés. As exposições da face e dos pés às caldas foram calculadas por meio da extrapolação das exposições quantificadas nos absorventes para as respectivas áreas superficiais destas partes do corpo.

As exposições respiratórias foram avaliadas com bombas de fluxo de ar contínuo de uso pessoal, da marca A.P. Buck, reguladas para succionar 2 L de ar por minuto, de acordo com a metodologia adaptada por Oliveira (2000). Em cada bomba foi conectada uma mangueira plástica contendo na sua extremidade um coletor de partículas do tipo cassete, de 37 mm de diâmetro interno. Dentro do cassete havia um filtro coletor de éster celulose, de porosidade de 0,8 μ , apoiado sobre uma lâmina circular de celulose.

Após o período de exposição, o macacão, separado em partes (regiões do corpo), as luvas, os absorventes higiênicos femininos e os cas-

setes foram acondicionados em sacos plásticos, identificados e levados ao laboratório. Os filtros e lâminas de celulose dos cassetes foram transferidos para recipientes de plástico tampados.

Análises químicas

Nos sacos plásticos com as amostras e nos recipientes com os filtros foi adicionada a solução solubilizadora dos cátions traçadores contendo HCL a 0,2 N. Em seguida, esses recipientes foram agitados manualmente por 30 vezes e permaneceram em repouso por duas horas. Para quantificação dos cátions, foi filtrada uma alíquota de 5 mL em papel-filtro qualitativo de cada solução. As concentrações dos cátions traçadores foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica, marca GBC, modelo 932AA.

A curva-padrão do cátion cobre foi preparada a partir da solução de cloreto de cobre (CuCl) Titrisol Merk 9987. A faixa de linearidade foi determinada com as concentrações de 0,125, 0,25, 0,5, 1,0 e 2,0 ppm ($R^2 = 0,999$). O limite de detecção (LD) determinado foi de 0,017 ppm, e o limite de quantificação (LQ), de 0,041 ppm. A curva-padrão de manganês foi preparada a partir da solução de cloreto de manganês (MnCl) Titrisol Merk 9988. A faixa de linearidade foi determinada com as concentrações de 0,125, 0,25, 0,5, 1,0 e 2,0 ppm ($R^2 = 0,999$). O LD foi de 0,017 ppm e o LQ, de 0,041 ppm. Os LDs e LQs foram calculados de acordo com Skoog et al. (1998).

Cálculos para classificação das condições de trabalho em seguras ou inseguras

A segurança das condições de trabalho com o paraquat foi calculada com a fórmula da margem de segurança (MS) proposta por Severn (1984) e adaptada por Machado Neto (1997), que é a seguinte: $MS = (NOEL \times 70) / (QAE \times 100)$, em que:

- o NOEL (nível de efeito não observado) do paraquat utilizado foi de 4,15 mg/kg/dia, calculado em estudo de um ano de alimentação de cães com paraquat administrado na dieta diária. O estudo foi baseado na severidade e na extensão de pneumonites crônicas em animais de ambos os sexos, especialmente em ma-

chos. Utilizou-se este valor de NOEL por ser o menor entre todos os citados pela EPA (2007). O número 70 é o peso corpóreo considerado para o trabalhador (kg).

- A QAE é a Quantidade Absorvível das Exposições avaliadas nas vias dérmicas e respiratórias em cada condição de trabalho ($mg \text{ dia}^{-1}$). A QAE foi calculada considerando-se a absorção dérmica do paraquat como 0,29% da exposição dérmica avaliada (Wester et al., 1984). A absorção na via respiratória foi considerada como 100% da exposição avaliada. O número 100 multiplicando a QAE é um fator de segurança utilizado para compensar a extrapolação dos dados toxicológicos obtidos em animais de laboratório para o homem, resultante da multiplicação de 10 (devido à sensibilidade intra-específica) por 10 (devido à incerteza interespecífica), segundo Franklin et al. (1982).

Critério para classificação das condições de trabalho em seguras ou inseguras

O critério utilizado para classificar a segurança das condições de trabalho em função do valor MS, de acordo com Machado Neto (1997), foi o seguinte:

- Se $MS \geq 1$ - a condição é segura, a exposição é aceitável e o risco de intoxicação é tolerável, pois a quantidade absorvível da exposição multiplicada pelo fator de segurança 10 é menor que a quantidade absorvível segura (NOEL x 70 kg).

- Se $MS < 1$ - a condição é insegura, a exposição é intolerável e o risco de intoxicação é inaceitável, pois o denominador da fórmula ($QAE \times 100$) é maior que a quantidade absorvível segura. Para essas condições, foram calculadas as necessidades de controle das exposições (NCEs), em termos de porcentagem da exposição avaliada, utilizando-se a fórmula $NCE = (1 - MS_{-1}) \times 100$, proposta por Machado Neto (1997). Com esta fórmula calcula-se a NCE suficiente para tornar o denominador da fórmula da MS pelo menos igual ao numerador; considerado como a dose segura do agrotóxico.

Avaliação da deriva das aplicações e controle das plantas daninhas

A avaliação da deriva das aplicações da formulação comercial de paraquat com os



pulverizadores manuais com e sem acessórios de proteção foi realizada na área agrícola da usina 5, no município de Jaboticabal. As aplicações, consideradas como tratamentos, encontram-se na Tabela 1. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições.

O acessório de proteção da deriva da pulverização na cultura utilizado com o pulverizador costal manual modelo PJH foi o protetor tipo chapéu, da marca Jacto (Jacto, 2006). Nas aplicações com o costal pressurizado, foi utilizado o acessório denominado pelos trabalhadores de planilha, que foi desenvolvido pelas próprias usinas.

A planilha consiste de uma placa de fibra de vidro de 50 cm de largura por 27 cm de altura, com um cabo de 80 cm, feito de tubo de conduíte metálico e afixado no ponto central da parte superior da placa. A planilha é levada em uma das mãos do trabalhador, que a coloca entre as folhas das plantas daninhas e da cultura, de forma a evitar a deposição de gotas da pulverização nas folhas de cana-de-açúcar.

Os pulverizadores costal manual e pressurizado utilizados estavam com bicos planos Teejet, modelo XR 110 04, e pressões de 2,8 e 3,0 kgf cm⁻², respectivamente. O espalhante adesivante Agral foi adicionado às caldas na concentração de 0,1% (v/v). As aplicações com o pulverizador Pulmipur foram realizadas com as formulações puras dos herbicidas. Todas as aplicações dos herbicidas no experimento foram realizadas no dia 3 de fevereiro de 2006, no período entre 11 e 14h30, com a tempera-

tura do ar ao nível do solo e na sombra variando entre 31,9 e 39,4 °C, umidade relativa entre 46 e 69% e ventos em rajadas com velocidade máxima entre 0, 5 e 1,2 km h⁻¹. Os respectivos volumes de caldas aplicados encontram-se na Tabela 1.

A deriva na cultura e a eficiência do paraquat foram avaliadas aos 5, 10, 20, 30 e 60 dias após as aplicações. As avaliações de sintomas de intoxicação nas plantas foram realizadas com a escala de notas visuais proposta pelo EWRC (1964). As notas variam entre 1 e 9, sendo 1 para plantas sem sintomas e 9 para morte total das plantas. As avaliações de eficiência no controle das plantas daninhas foram realizadas com a escala visual de notas proposta pela ALAM (1974), que variam entre 0 e 100% de controle. Aos 30 dias após as aplicações, também foram contadas todas as folhas verdes e expandidas em dez colmos por parcela, para obtenção do número médio de folhas verdes por colmo.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste F, para análise da variância, e teste de Tukey (p < 0,05), para comparar as médias dos tratamentos cujo valor de F calculado foi significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segurança das condições de trabalho

Nas duas atividades realizadas com o pulverizador manual Pulmipur, a via dérmica recebeu praticamente a totalidade das exposi-

Tabela 1 - Tratamentos testados para avaliar a deriva das aplicações de paraquat com pulverizadores costais manual e pressurizado, com e sem acessórios de proteção, em operação de repasse em cultura de cana-de-açúcar

Tratamentos com os pulverizadores e condições de trabalho	Volume (L ha ⁻¹)
1 – Manual, com protetor de deriva tipo chapéu - Jacto - paraquat (0,5% p.c.)	440,0
2 – Pressurizado, com planilha para proteção - paraquat (0,5% p.c.)	400,0
3 – Pulmipur, Horizon, bico rotativo paraquat (p.c.)	5,5
4 – Manual Jacto, sem protetor de deriva - paraquat (0,5% p.c.)	470,0
5 – Pressurizado, sem protetor de deriva - paraquat (0,5% p.c.)	355,0
6 – Pressurizado, com planilha para proteção - glyphosate (1% p.c.)	480,0
7 – Pulmipur, Horizon, bico rotativo - glyphosate (p.c.)	11,1
8 – Testemunha sem aplicação	-

p.c. = produto comercial, paraquat (Gramoxone 20%) e glyphosate (Roundup 48%).

ções ao paraquat (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com os de Wolf et al. (1972). As exposições nas duas atividades foram relativamente próximas e em intensidade suficiente para classificá-las como inseguras, com possibilidade de risco de intoxicação dos trabalhadores. Entretanto, com o uso dos equipamentos de proteção individuais, as exposições foram drasticamente reduzidas e se tornaram seguras. Os EPIs controlaram 95% da exposição na atividade de aplicação e 99% na de abastecimento do tanque.

Nas duas atividades realizadas com o pulverizador costal manual (usina 1), a via dérmica também recebeu praticamente a totalidade das exposições ao paraquat (Tabela 2). Esses resultados também estão de acordo com os citados por Wolf et al. (1972). A exposição proporcionada pela atividade de aplicação foi 6,3 vezes maior que a atividade de abastecimento, ambas realizadas com a mesma calda contendo 0,5% de Gramoxone. Entretanto, essas exposições foram suficientemente pequenas, e as atividades, classificadas como seguras. Essas duas atividades se tornam mais seguras com o uso dos EPIs, que controlaram 81,3% das exposições na atividade de aplicação e 91,4% na atividade de abastecimento do tanque do pulverizador costal manual com 13 L de calda (Tabela 2).

Na Tabela 3 verificam-se grandes diferenças nas exposições proporcionadas pelas condições de trabalho com o pulverizador costal pressurizado entre as quatro usinas. As diferenças nas exposições podem ser explicadas pelas grandes diferenças no tempo de trabalho diário e no número de abastecimentos diários entre as quatro usinas. Essas condições foram informadas pelas usinas, que correspondem aos seus sistemas de trabalho. Esses fatores afetaram as exposições proporcionadas pelas atividades nas diferentes propriedades. Por exemplo, na usina 3 são realizados 300 abastecimentos dia⁻¹ e, na usina 4, apenas 75. Essas diferenças se devem, principalmente, ao maior número de trabalhadores na frente de trabalho da usina 3. O número de abastecimentos na usina 3 é quatro vezes maior que o na usina 4 e resulta em exposição dérmica do trabalhador 8,5 vezes maior.

Além do tempo de exposição e do número de abastecimentos, outros fatores locais também afetam diretamente as exposições proporcionadas pelas condições de trabalho, dentre os quais se destacam os relativos à cultura de cana-de-açúcar, às plantas daninhas e às condições ambientais, de equipamentos e de trabalho dos trabalhadores. Os efeitos desses fatores de campo estão de acordo com as citações de van Hemmen (1992). Para esse autor,

Tabela 2 - Exposições diárias ao herbicida paraquat proporcionadas aos trabalhadores pelas condições de trabalho com o pulverizador costal manual Pulmipur e costal manual e respectivas margens de segurança (MS) e eficiência dos equipamentos de proteção individual (EPIs)

Atividade Condição	Aplicação		Abastecimento	
	Potencial	Com EPIs	Potencial	Com EPIs
Pulmipur – Usina 2	7,5 horas dia ⁻¹		30 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	4.479,68	225,39	3.892,57	39,18
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,002	0,001	0,0001	0,001
MS	0,2	4,4	0,3	25,6
NCE (%)	80,0	-	70,0	-
Efic. dos EPIs (%)	95,0		99,0	
Costal Manual – Usina 1	6 horas dia ⁻¹		170 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	954,5	178,1	170,8	14,7
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,0001	0,001	0,0001	0,001
MS	1,05	5,62	5,86	68,14
Efic. dos EPIs (%)	81,3		91,4	



Tabela 3 - Exposições diárias ao herbicida paraquat proporcionadas aos trabalhadores pelas condições de trabalho com o pulverizador costal pressurizado e respectivas margens de segurança (MS) e eficiência dos equipamentos de proteção individual (EPIs), avaliadas nas usinas 1, 2, 3 e 4

Atividade Condição	Aplicação		Abastecimento	
	Potencial	Com EPIs	Potencial	Com EPIs
Usina 1	6 horas dia ⁻¹		170 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	644,70	127,80	52,60	5,90
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,0001	0,001	0,0001	0,001
MS	1,6	7,8	19,0	169,8
Efic. dos EPIs (%)	80,2		88,8	
Usina 2	6 horas dia ⁻¹		150 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	997,91	94,10	46,51	9,30
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,0001	0,001	0,0001	0,001
MS	1,0	10,6	21,5	107,7
Efic. dos EPIs (%)	90,6		80,0	
Usina 3	7,5 horas dia ⁻¹		300 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	274,86	23,88	259,75	0,11
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,0001	0,001	0,0001	0,001
MS	3,6	41,9	3,9	9.106,6
Efic. dos EPIs (%)	91,3		100,0	
Usina 4	7 horas dia ⁻¹		75 abast. dia ⁻¹	
Dérmica (mg dia ⁻¹)	685,72	62,88	30,59	0,38
Respiratória (mg dia ⁻¹)	0,0001	0,001	0,0001	0,001
MS	1,5	15,9	32,7	2.636,1
Efic. dos EPIs (%)	90,8		98,8	

os fatores que mais afetam são as condições ambientais durante aplicação, tempo de exposição, manutenção de equipamentos e uso correto de equipamentos de proteção. Hayes (1975) complementa esses fatores, citando a atitude do trabalhador.

Essas diferenças de exposições (Tabelas 2 e 3) devem-se às peculiaridades de cada unidade produtiva e afetam a exposição proporcionada pelas mesmas condições de trabalho e, conseqüentemente, a segurança dos trabalhadores. As peculiaridades das usinas são: atividades – aplicação e abastecimento, tempo de exposição e número de abastecimentos diários e número de trabalhadores por equipe, que foi apenas observado e não quantificado. Assim, os resultados de uma unidade produtiva não devem ser utilizados de forma generalizada para o setor agrícola.

Embora tenham ocorrido grandes diferenças nas exposições avaliadas nas quatro

usinas (Tabela 3), as intensidades foram tais que as condições de trabalho classificaram-se como seguras mesmo nas condições sem nenhuma proteção. Essas condições de trabalho foram muito mais seguras ainda com o uso dos EPIs, que foram eficientes. Na atividade de aplicação, os EPIs controlaram entre 80,2 e 90,8% das exposições proporcionadas pela atividade e entre 80 e 100% no abastecimento.

Deriva das aplicações do paraquat na cultura e controle das plantas daninhas

As aplicações de paraquat sem protetor de deriva com os pulverizadores costal manual e pressurizado causaram sintomas de intoxicação moderados e próximos a severos nas plantas de cana-de-açúcar (Tabela 4). Esses sintomas foram significativamente superiores aos dos demais tratamentos aos cinco dias após as aplicações. Os sintomas observados nos limbos foliares foram manchas amareladas, caracte-

Tabela 4 - Intensidade de sintomas de intoxicação das plantas de cana-de-açúcar aos 5, 10, 20, 30 e 60 dias e número médio de folhas verdes formadas por colmo aos 30 dias após as aplicações de Gramoxone e Roundup com os pulverizadores costal manual e pressurizado e Pulmipur em operação de repasse em cana-de-açúcar na usina 5

Tratamento	Sintomas de intoxicação					Nº de folhas
	5	10	20	30	60	30
1 – Manual, com protetor - par. (0,5%)	2,7 c	3,2 cd	2,5 cd	2,0 cd	1,0 b	7,6 ab
2 – Press. com planilha - par. (0,5%)	4,2 b	4,5 bc	3,5 bc	2,5 bc	1,5 b	7,3 ab
3 – Pulmipur – paraquat (p.c.)	2,0 c	2,0 d	2,0 de	1,0 d	1,0 b	8,2 a
4 – Manual, sem protetor - par (0,5%)	6,0 a	6,2 a	4,7 a	3,7 a	2,7 a	6,8 b
5 – Press., sem protetor - par. (0,5%)	6,0 a	5,7 ab	4,5 ab	3,5 ab	2,5 a	6,9 b
6 – Press. com planilha - glyphos. (1%)	2,0 c	3,2 cd	2,7 cd	1,7 cd	1,0 b	7,8 ab
7 – Pulmipur - glyphosate (p.c.)	2,0 c	3,0 d	2,0 d	1,7 cd	1,0 b	7,8 ab
8 – Testemunha sem aplicação	-	-	-	-	-	8,0 ab
F blocos	3,4 *	2,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	3,2 *	0,6 ^{ns}
F tratamentos	69,7 **	30,5 **	25,5 **	20,0 **	23,9 **	3,6 *
CV (%)	12,3	14,7	14,3	19,1	20,5	6,9
DMS (5%)	1,0	1,3	1,0	1,0	0,7	1,2

^{ns}, * e **: não-significativo e a 5 e 1% de probabilidade.

p.c. = produto comercial; par. = paraquat; glyphos. = glyphosate.

rísticas dos herbicidas que impedem o fluxo de elétrons no fotossistema I da fotossíntese, e a conseqüente formação de oxigênio reativo. Foram observadas manchas avermelhadas e amareladas nas bainhas das folhas das plantas de cana-de-açúcar.

A intensidade dos sintomas de intoxicação nas plantas de cana-de-açúcar foi reduzida ao longo do tempo. Aos 30 dias após as aplicações os sintomas foram avaliados como leves. Decorridos 60 dias, os sintomas de intoxicação praticamente desapareceram das folhas e colmos da plantas de cana-de-açúcar, exceto nos tratamentos em que o paraquat foi aplicado com os pulverizadores costal e pressurizado sem protetor de deriva. A redução dos sintomas de intoxicação das plantas de cana-de-açúcar, causados por diversos herbicidas, após as aplicações também foi observada por Azania et al. (2005).

Os efeitos negativos das derivas das aplicações de paraquat sem protetor de deriva com os dois pulverizadores costais reduziram significativamente o número médio de folhas verdes nas plantas de cana-de-açúcar aos 30 dias após (Tabela 4). As demais aplicações não afetaram o número de folhas das plantas da cultura.

Os acessórios de proteção de deriva foram eficazes, pois foram observadas reduções

significativas na intensidade dos sintomas de intoxicação das plantas da cultura com o paraquat. O protetor tipo chapéu, utilizado na aplicação com o pulverizador costal manual, foi o mais eficiente na redução da deriva, pois os sintomas foram menos intensos em relação aos ocorridos com o uso da planilha, na aplicação com o pulverizador pressurizado. Na aplicação da formulação do paraquat com o pulverizador Pulmipur ocorreu a menor deriva, devido ao protetor de deriva original existente neste equipamento. Esta estrutura constitui-se em um eficiente protetor de deriva, uma vez que os sintomas de intoxicação observados nas plantas foram mínimos.

As aplicações de glyphosate com o pulverizador pressurizado com planilha e com o Pulmipur resultaram em baixa intensidade de sintomas de intoxicação nas plantas de cana-de-açúcar. Foram observados leves sintomas de intoxicação característicos desse herbicida nas plantas de cana-de-açúcar (Tabela 4).

O controle das plantas daninhas com as aplicações de paraquat foi eficiente a partir do quinto dia após as aplicações com o pulverizador costal manual e pressurizado, sem ou com os acessórios de proteção de deriva (Tabela 5). O efeito rápido no controle das



Tabela 5 - Controle das plantas daninhas aos 5, 10, 20, 30 e 60 dias após as aplicações de Gramoxone e Roundup com os pulverizadores costal manual e pressurizado e Pulmipur em operação de repasse em cana-de-açúcar na usina 5

Tratamento	% de controle				
	5	10	20	30	60
1 – Manual, com protetor - par. (0,5%)	93,7 a	94,5 a	92,2 a	91,2 a	94,2 a
2 – Press. com planilha - par. (0,5%)	94,7 a	95,2 a	94,5 a	95,2 a	96,0 a
3 – Pulmipur – paraquat (p.c.)	65,0 b	72,5 b	68,7 b	62,5 b	72,5 b
4 – Manual, sem protetor - par (0,5%)	96,5 a	97,7 a	97,2 a	96,7 a	97,2 a
5 – Press., sem protetor - par. (0,5%)	94,2 a	96,7 a	95,5 a	97,0 a	98,0 a
6 – Press. com planilha - glyphos. (1%)	47,5 c	75,0 b	92,5 a	98,0 a	98,5 a
7 – Pulmipur - glyphosate (p.c.))	57,5 bc	78,7 b	95,0 a	98,5 a	99,0 a
F blocos	0,2 ^{ns}	2,1 ^{ns}	4,3 [*]	1,9 ^{ns}	2,0 ^{ns}
F tratamentos	62,5 ^{**}	17,6 ^{**}	25,6 ^{**}	16,9 ^{**}	16,6 ^{**}
CV (%)	6,8	6,1	4,4	6,9	4,9
DMS (5%)	12,4	12,5	9,1	14,6	10,8

^{ns}, * e **: não significativo e a 5 e 1% de probabilidade.

p.c. = produto comercial; par. = paraquat; glyphos. = glyphosate.

plantas daninhas dessas aplicações é característico do modo de ação tóxica do paraquat.

Apenas a aplicação de paraquat com o Pulmipur foi de baixa eficácia ao longo das avaliações, pelo fato de ele ser um herbicida de ação tóxica e as gotas formadas nesta pulverização, poucas e grandes. Assim, a ação herbicida do produto ocorre apenas nos pontos atingidos pelas gotas. As demais aplicações de paraquat foram eficientes no controle das plantas daninhas.

As aplicações de glyphosate, herbicida utilizado apenas para comparação, foram de baixa eficácia aos cinco dias após, mas se tornaram eficientes a partir dos dez dias das aplicações. O incremento no controle das plantas daninhas relativamente lento observado após a aplicação é característico do modo de ação do glyphosate.

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que as atividades realizadas com o pulverizador de ultrabaixo volume de aplicação Pulmipur proporcionam as maiores exposições dérmicas ao trabalhador e são classificadas como inseguras sem o uso dos EPIs e seguras com eles. Nessas condições, os EPIs devem ser usados e são eficazes em neutralizar os riscos de intoxicação. As atividades com o pulverizador costal manual ou pressurizado

são seguras com ou sem os EPIs. As grandes diferenças nas EDs dos trabalhadores se devem às diferenças no número de abastecimentos e tempo de trabalho diário e no número de trabalhadores nas equipes entre as usinas de açúcar e álcool. As aplicações de paraquat sem proteção causam sintomas de intoxicação moderados nas plantas de cana-de-açúcar, e as de glyphosate, leves. O protetor de deriva tipo chapéu é eficiente no controle da deriva das aplicações de paraquat, e a planilha, não.

LITERATURA CITADA

ASSOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, p. 35-8, 1974.

AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. II – aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 669-675, 2005.

EPA- Federal Register. Pesticide tolerance for paraquat. **Federal Register, U.S. Environmental Protection Agency**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/1995/March/Day-15/pr-178.html>>. Acesso em: nov. 2007.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3rd and 4rd meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, n. 1, p.88, 1964.



- FRANKLIN, C. A.; MUIR, N. I.; GREENHAGH, R. The assessment of potential health hazards to orchardists spraying pesticides. In: PLIMMER, J. R. **Pesticide residues and exposure**. Washington: ACS, 1982. p. 157-168.
- GARCIA, G. E. **Segurança e saúde no trabalho rural: a questão dos agrotóxicos**. São Paulo: Fundacentro, 2001. 182p.
- HAYES, W. J. Recognized and possible exposure to pesticide. In: HAYES, W. J. (Ed.) **Toxicology of pesticides**. Baltimore: 1975. p. 265-310.
- JACTO. Produtos: protetor tipo chapéu. Disponível em: <<http://www.jacto.com.br/portugues.html>>. Acesso em: mar. 2006.
- LUNDEHN, J. et al. **Uniform principles for safeguarding the health of applicators of plant protection products (Uniform principles for operator protection)**. Berlin: Kommissions-verlag Paul Parey, 1992. 90 p.
- MACHADO NETO, J. G. **Estimativas do tempo de trabalho seguro e da necessidade de controle da exposição dos aplicadores de agrotóxicos**. 1997. 83 f. Tese (Livre-Docência em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- MACHADO NETO, J. G. **Quantificação e controle da exposição dérmica de aplicadores de agrotóxicos na cultura estaqueada de tomate, na região de Cravinhos, SP**. 1990. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1990.
- MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T.; MATUO, Y. K. Dermal exposure of pesticide applicators in staked tomato (*Lycopersicon esculentum*) crops: efficiency of a safety measure in the application equipment. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 48, p. 529-534, 1992.
- MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1985. 336 p.
- OLIVEIRA, M. L. **Segurança no trabalho de aplicação de agrotóxicos com turbo-atomizador e pulverizador de pistolas em citros**. 2000. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 836 p.
- van HEMMEN, J. Agricultural pesticide exposure data bases for risk assessment. **Rev. Environ. Cont. Toxicol.** v. 126, p. 85, 1992.
- WESTER R.C. et al. In vivo percutaneous absorption of paraquat from hand, leg, and forearm of humans. **J. Toxicol. Environ Health**, v.14, n. 5-6, p. 759-762, 1984.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Field surveys of exposure to pesticide** – standard protocol. Geneva: 1982. (Document VBC/82.1).
- WOLFE, H. R. et al. Exposure of spraymen to pesticide. **Arch. Environ. Health**, v. 25, p. 29-31, 1972.

