

SEGURANÇA NO TRABALHO DE APLICAÇÃO DO HERBICIDA PARAQUAT EM CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR E EFICÁCIA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA

MACHADO-NETO, J.G.¹; MACHADO, R.F.²

¹ UNESP- FCAV- Campus de Jaboticabal, 16 3209 2621, joaquim@fcav.unesp.br

² UNESP - FCA- Campus de Botucatu, 16 3202 2763, machadoagro@hotmail.com

Resumo

No trabalho com os agrotóxicos, há risco de intoxicação dos trabalhadores expostos que depende da toxicidade e da exposição proporcionada pelas condições de trabalho. O herbicida paraquat é aplicado em área total e em jato dirigido as plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Objetivou-se avaliar a eficácia de um conjunto de equipamentos de proteção individual e da cabina do trator, como medida de proteção coletiva, e classificar as condições de trabalho com o paraquat na cultura de cana-de-açúcar em seguras ou inseguras. As condições de trabalho avaliadas foram com o pulverizador costal pressurizado, nas atividades de abastecimento do tanque com calda e de aplicação em jato dirigido às plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar e em área total, em volta dos tanques de armazenamento de álcool, e com o pulverizador de barra acoplado ao trator, nas atividades de abastecimento do tanque e de aplicação em área total. O conjunto de vestimentas de proteção individual, como medida proteção individual, foi composto por: boné com aba protetora de pescoço e ombros de brim, camisa de mangas compridas de brim, calça comprida de algodão, tipo jeans, botas de borracha branca de cano longo, luvas de borracha nitrila, máscara com filtro contra vapores orgânicos e avental de plástico impermeável. As exposições dérmicas foram avaliadas em vestimentas amostradoras usadas pelos trabalhadores sem e com as vestimentas de proteção individual e a cabina. Para avaliar a exposição dérmica, as vestimentas amostradoras foram macacão de brim e luvas de algodão, e a respiratória, bombas pessoais de fluxo constante de ar. O conjunto de vestimentas de proteção individual e a cabina do trator foram eficazes no controle da exposição dérmica ao paraquat, na aplicação e no abastecimento dos tanques do pulverizador costal pressurizado e de barra acoplado ao trator. As aplicações de paraquat com o pulverizador costal pressurizado em jato dirigido e em área total classificam-se como inseguras e com o uso do conjunto de vestimentas de proteção individual, como seguras. As atividades de abastecimento dos tanques e de tratorista, sem e com as medidas de proteção, classificam-se como seguras.

Palavras-chave: paraquat, segurança no trabalho, proteção individual, proteção coletiva, controle da exposição.

Abstract

At work with pesticides, there is the risk of intoxication of the exposed workers that depends of the toxicity and of the exposure by the work conditions. The paraquat herbicide is applied in total area and sprays directed to weeds in sugar cane crop. The aim was to evaluate the efficiency of the protective ensemble and the tractor cabin, as a collective protection measure, and classify the work conditions with the paraquat in sugar cane crop as safe or unsafe. The work condition was evaluated with the knapsack sprayer, in activities of loading tank of sprayer and application of the spray directed to weeds in sugar cane crop and total area, around the storage tanks of alcohol, and with the sprayer bar attached to the tractor, in activities of loading tanks and in total area. The protective ensemble, as a measure of personnel protection, was composed of protective cap with neck and shoulder cotton protection, long-sleeve cotton shirt, blue jeans, long-barreled rubber boot, nitrilic rubber gloves, mask with filter against organic vapors, and waterproof plastic apron. The dermal exposures were evaluated in clothing samples used by the workers with and without protective ensemble and the tractor cabin. To evaluate the dermal exposure, the clothing samples were the absorbent cotton overall and absorbent cotton gloves, and respiratory, personnel pumps with a constant flow of air. The protective ensemble and the tractor cabin were effective in controlling dermal exposure to the paraquat in the application and loading tanks of knapsack sprayer and bar attached to tractor sprayer. The application of paraquat with the knapsack sprayer in jet directed and in total area is classified as unsafe and with the protective ensemble as safe. The activities of loading tank and tractor driver, with or without measures of protection, were classified as safe.

Key Words: paraquat, safety, protective ensemble, collective protection, exposure control.

Introdução

Os agrotóxicos são rigorosamente selecionados pela toxicidade e letalidade aos organismos vivos danosos às culturas. A toxicidade é a capacidade que os compostos tóxicos têm para intoxicar e matar os organismos alvos de controle, mas também podem intoxicar e matar organismos não alvos que entrem em contato, como os trabalhadores expostos. Portanto, em qualquer atividade com agrotóxicos existe um determinado risco de intoxicação ocupacional, que depende da toxicidade e da exposição proporcionada pelas condições específicas de trabalho (Machado-Neto e Machado, 2007).

O herbicida paraquat é registrado para o controle das plantas daninhas em aplicações com pulverizadores: costal, em jato dirigido às plantas daninhas com 5 a 15 cm de altura, nas entrelinhas das culturas ou em área total, sem cultura como dessecante das plantas daninhas, e com o pulverizador de barra acoplado ao trator em área total, como dessecante das plantas daninhas (Brasil, 2010). Cabe ao empregador realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados, adotar medidas de prevenção e de proteção (Brasil, 2005). Na cultura de cana-de-açúcar, a exposição dos trabalhadores ocorre durante a manipulação, preparação e aplicação do herbicida paraquat, principalmente na via dérmica (99,9% da exposição total) e, em menor proporção (0,01%), na via respiratória (Machado Neto e Machado, 2007).

A segurança das condições de trabalho baseia-se em um critério de aceitabilidade do risco (Severn, 1984). As medidas de segurança no trabalho com agrotóxicos, inclusive o uso de vestimentas de proteção individual, devem ser recomendadas com base no critério de aceitabilidade dos riscos de intoxicação proporcionados pelas condições específicas de trabalho. Esta recomendação está de acordo e atende à legislação brasileira, que determina que as vestimentas de proteção individual devam ser recomendadas de maneira adequada ao risco (Brasil, 2005). Portanto, a recomendação qualquer medida de segurança no trabalho com agrotóxicos deve ser adequada ao risco, ou a segurança, das condições de trabalho.

Objetivou-se avaliar a segurança das condições de trabalho com o paraquat na cultura de cana-de-açúcar, e determinar a eficácia de conjuntos de equipamentos de proteção individual, como medida de segurança individual, e da cabina do trator, como medida de segurança coletiva.

Material e Métodos

As exposições dérmicas e respiratórias ao herbicida paraquat quantificadas diretamente nos trabalhadores nas atividades de abastecimento do tanque do pulverizador costal pressurizado com calda e de aplicação com este pulverizador em jato dirigido às plantas daninhas nas entrelinhas da cultura de cana-de-açúcar, e em área total, em volta dos tanques de armazenamento de álcool. As avaliações foram realizadas em áreas agrícolas das empresas Zillo Lorenzetti, no Estado de São Paulo.

As exposições dérmicas, sem e sob as vestimentas de proteção individual, foram avaliadas em vestimentas amostradoras (macacões de brim e luvas de algodão), usadas pelos trabalhadores, e absorventes higiênicos femininos Carefree® afixados sobre máscara descartável, para avaliar a exposição da face, e botas de borracha, para avaliar a exposição dos pés (Machado Neto et al., 1998). Após os abastecimentos dos tanques dos pulverizadores e as pulverizações, as vestimentas amostradoras foram seccionadas em cabeça + pescoço, braços, tronco-frente, tronco-atrás, pernas+frente, pernas+atrás, mãos e pés. O cátion cobre, do oxicleto de cobre (Cuprogarb 500 PM) foi adicionado às caldas na dose de 150 g/100L e utilizado como traçador (Machado Neto et al., 1998). Após os períodos de avaliação das exposições dérmicas em condições de campo, o cátion cobre das caldas coletado nas vestimentas amostradoras foi extraído com solução extratora de HCl a 0,2 N.

As exposições respiratórias foram avaliadas com bombas pessoais de fluxo contínuo de ar, da marca A.P. Buck, calibradas para aspirar 2 L/ min. (Oliveira, 2000). O cátion Mn do sulfato de manganês adicionado às caldas, na concentração de 300g/100L, e utilizado como traçador (Oliveira, 2000). A amostragem foi realizada com cassetes anexados às bombas por meio de mangueiras de plástico flexíveis. A exposição respiratória foi amostrada em filtro de éster celulose (SKC Inc.), com porosidade de 0,8 μ sobre suporte de papel dentro do cassete posicionado na região de respiração do trabalhador. O cátion Mn do sulfato de manganês foi extraído dos filtros e dos suportes dos cassetes, após os períodos de exposição no campo, com solução extratora de HCl a 0,2 N. A recuperação do cátion Mn no filtro de éster celulose e do suporte de papel é de 92,0 % (Oliveira, 2000). Os dois cátions foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica em chama. As exposições foram avaliadas em cada condição de trabalho com dez repetições.

As exposições aos cátions foram utilizadas como dados substitutos para determinar as exposições às caldas, e as exposições às caldas como dados substitutos para determinar as exposições ao paraquat (Jensen, 1989), na concentração de 0,5 % do ingrediente ativo (Machado-Neto e Machado, 2007). Estas exposições às caldas também foram utilizadas para calcular a eficácia dos conjuntos de vestimentas de proteção e da cabina do trator. As exposições dérmicas e respiratórias totais diárias para cada condição de

trabalho avaliada foram calculadas por meio da extrapolação do tempo de avaliação das exposições e do número possível de abastecimentos dos tanques dos pulverizadores e para uma jornada de 7 h/dia.

O conjunto de vestimentas de proteção individual foi composto por boné com aba protetora de pescoço e ombros de brim, camisa de mangas compridas de brim, calça comprida de algodão jeans, botas de borracha branca de cano longo, luvas de borracha nitrila, máscara com filtro contra vapores orgânicos e avental de plástico impermeável. A eficácia da botas foi considerada como 95% de controle da exposição dérmica dos pés, e das máscaras, de 90% de controle da exposição respiratória (Lundehn et al., 1992).

A eficácia (Efic) do conjunto de vestimentas de proteção individual e da cabina do trator, nas partes do corpo e média, foi calculada com a fórmula: $Efic. = [(EDSP - EDNC) / EDSP] \times 100 (\%)$, onde: EDSP = Exposição dérmica sem proteção; EDNC = Exposição dérmica não controlada pelas vestimentas. Esta fórmula determina a porcentagem de controle da exposição dérmica pelas medias de proteção.

A segurança das condições de trabalho com o paraquat foi determinada por meio do cálculo da margem de segurança (MS), com a fórmula proposta por Machado Neto (2001): $MS = (NOEL \times 70) / (QAE \times 10)$. O valor do NOEL utilizado foi de 4,15 mg/kg/dia, obtido em estudo de um ano de administração na dieta diária de cães, e é o menor entre os citados pela EPA (2007). O número 70 é o peso corpóreo do trabalhador (kg). A QAE é a quantidade absorvível das exposições avaliadas e foi calculada como 0,29% da exposição dérmica (Wester et al., 1984) e 100% da exposição respiratória. O número 10 que multiplica a QAE é um fator de segurança para compensar a extrapolação do NOEL em cães para o homem (Brouwer et al., 1990).

As condições de trabalho foram classificadas em: seguras se $MS \geq 1$, e em inseguras, se $MS < 1$. Para as condições classificadas como inseguras, foi calculada a necessidade de controle da exposição (NCE), em porcentagem, com a fórmula $NCE = (1 - MS_{-1}) \times 100$ (Machado-Neto, 2001).

Resultados e discussão

A distribuição percentual das exposições dérmicas nas partes do corpo dos trabalhadores, as exposições totais às caldas (mL/dia) e a eficácias das medidas de proteção individual, conjunto de vestimentas de proteção individual, e coletiva, cabina do trator, encontram-se na Tabela 1. Nas aplicações com o pulverizador costal pressurizado, entre 97% e 99,6% das exposições dérmicas concentraram-se nos membros inferiores, pés e pernas, devido ao contato direto destas partes do corpo com as plantas imediatamente após as pulverizações. Estes resultados concordam com os de Machado-Neto et al. (1998) em aplicações de paraquat em jato dirigido às plantas daninhas nas entrelinhas da cultura de milho. Por outro lado, na aplicação com o pulverizador de barra acoplado ao trator, a exposição dérmica foi distribuída em diversas partes do corpo do tratorista, e as mais expostas foram pés, frente das pernas, mãos e frente do tronco. Estes resultados concordam com os de Oliveira (2000) para tratorista em aplicações de agrotóxicos em cultura de citros com o turbopulverizador acoplado ao trator.

A eficácia do conjunto de vestimentas de proteção foi de 90,8% de controle da exposição dérmica nas aplicações com o pulverizador costal pressurizado em jato dirigido às plantas daninhas nas entrelinhas da cultura e de 95,4%, nas aplicações em área total. Estes resultados concordam com os de Machado-Neto e Machado (2007) nestas mesmas condições de trabalho. A eficácia da cabina do trator foi de 95,6 % de controle da exposição dérmica do tratorista.

Na atividade de abastecimento do tanque do pulverizador costal pressurizado com calda, 94,5% da exposição dérmica do trabalhador ocorreram nas mãos e a eficácia do conjunto de vestimentas de proteção foi de 95,4 %, devido à alta eficiência das luvas de borracha nitrílica. Este resultado está de acordo com o de Machado-Neto et al. (1998). No abastecimento do tanque do pulverizador de barra, 42% da exposição dérmica ocorreram nas mãos do trabalhador e 40% nos pés. A exposição dos pés deve-se ao derrame do resto da calda que fica dentro da mangueira de abastecimento do tanque de calda ao final do abastecimento. A calda fica retida dentro da mangueira de abastecimento porque o bocal de abastecimento da torre de abastecimento do tanque do pulverizador fica na mesma altura do tubo metálico do tanque de calda com a mangueira de abastecimento na ponta. Após o fechamento da válvula entre o tubo metálico e a mangueira do tanque de calda e a desconexão da mangueira do bocal da torre de abastecimento do pulverizador, a mangueira é solta ao acaso e a calda retida é solta sobre os pés do trabalhador. Nesta atividade, a eficácia do conjunto de vestimentas de proteção individual foi de 90,5% do controle da exposição dérmica do trabalhador.

A margem de segurança das dez condições de trabalho e a necessidade de controle da exposição das condições classificadas como inseguras encontram na Tabela 2. Com estes resultados, classificam-se como inseguras ($MS < 1$) as aplicações com o pulverizador costal pressurizado em jato dirigido às plantas daninhas nas entrelinhas da cultura e em área total, em volta dos tanques de armazenamento de álcool. Porém, estas condições de trabalho classificam-se como seguras ($MS > 1$) com o uso do conjunto de vestimentas de proteção individual, devido às eficácias maiores desta medida de proteção (Tabela 1) que as

necessidades de controle das exposições calculadas (Tabela 2). As demais condições de trabalho, sem e com as medidas de proteção classificam-se como seguras.

Tabela 1. Porcentagens de controle das exposições dérmicas pelo conjunto de vestimentas de proteção individual utilizados pelos trabalhadores nas atividades com o pulverizador costal pressurizado e de barra acoplado ao trator e exposições dérmicas às caldas sem as medidas de proteção (mL/dia).

Partes do corpo	Pulverizador costal pressurizado						Pulverizador de barra acoplado ao trator			
	Dentro da cana-de-açúcar		Área total entre as dornas		Abastecimento do tanque		Tratorista		Abastecimento do tanque	
	Sem EPIs	Com EPIs	Sem EPIs	Com EPIs	Sem EPIs	Com EPIs	Sem Cabina	Com Cabina	Sem EPIs	Com EPIs
Cabeça+Pesc.	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	2,5	2,3	0,0	0,5	3,8
Braços	0,0	0,4	0,0	0,4	1,4	18,3	2,8	3,0	0,8	38,7
Mãos	0,6	1,3	0,2	1,0	94,5	19,4	15,3	27,1	42,0	16,2
Tronco-frente	0,1	0,5	0,1	0,2	1,2	7,4	11,1	9,2	4,4	2,3
Tronco-atrás	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	7,8	3,9	6,0	0,9	15,7
Tórax-atrás	0,6	0,4	0,0	0,4	0,0	0,7	8,8	2,3	0,5	1,0
Pernas-frente	7,5	0,5	2,7	0,2	1,1	0,6	18,8	6,6	4,2	6,0
Pernas-atrás	2,8	0,6	1,9	0,2	0,1	2,8	8,3	5,8	5,0	5,6
Pés	88,2	95,9	95,0	97,5	1,1	40,5	28,7	40,0	41,8	10,8
Exp. dérmica (mL/dia)	685,7	62,9	1.377,4	63,4	30,6	0,4	39,7	1,4	6,3	0,6
Exp. Respiratória (ml/dia)	0,001	0,001	0,005	0,005	0,0	0,000	0,002	0,0	0,0	0,0
Eficácia: (%)	90,8		95,4		98,7		96,5		90,5	

Tabela 2. Valores médios das exposições dérmicas e respiratórias diárias ao herbicida paraquat, das quantidades absorvíveis das exposições, das margens de segurança (MS) e das necessidades de controle das exposições (NCEs) para as condições de trabalho avaliadas.

Condições de trabalho	mg paraquat/dia		QAE (mg/dia)	MS	NCE
	Dérm	Resp			
Pulverizador costal pressurizado					
1. Jato dirigido nas entrelinhas: Sem EPIs	685,72	0,001	1988,59	0,15	85,4
2. Jato dirigido nas entrelinhas: Com EPIs	62,88	0,001	182,35	1,59	-
3. Área total: Sem EPIs	1.377,36	0,005	3.994,35	0,07	92,7
4. Área total: Com EPIs	63,37	0,005	183,78	1,58	-
5. Abastecimento de tanque: Sem EPIs	30,59	0,000	88,71	3,27	-
6. Abastecimento de tanque: Com EPIs	0,38	0,000	1,10	263,61	-
Pulverizador de barra acoplado ao trator					
7. Trator sem cabina e sem EPIs	39,720	0,002	115,19	2,52	-
8. Trator com cabina e sem EPIs	1,420	0,000	4,12	70,54	-
9. Abastecimento de tanque: Sem EPIs	6,270	0,000	18,18	15,98	-
10. Abastecimento de tanque: Com EPIs	0,610	0,000	1,77	164,22	-

O conjunto de vestimentas de proteção individual e a cabina do trator foram eficazes no controle da exposição dérmica das condições de aplicação e abastecimento dos tanques do pulverizador costal pressurizado e de barra acoplado ao trator com paraquat. As aplicações de paraquat com o pulverizador costal pressurizado em jato dirigido às plantas daninhas e em área total classificam-se como inseguras, mas com o uso do conjunto de vestimentas de proteção individual classificam-se como seguras. As atividades de abastecimento dos tanques e de tratorista sem e com as medidas de proteção classificam-se como seguras.

Literatura Citada

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT** - Consulta de produtos formulados: **Gramoxone 200**. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons > Acesso em: 08-04-2010.

BRASIL - Ministério do Trabalho e do Emprego. **Portaria n. 86**, de 04-03-2005. Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. **Anexo 1: NR – 31**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de março de 2005, Seção, p. 31.

BROUWER, D. H. et al. **Respiratory exposure to field-strength dusts in greenhouses during application and after re-entry**. Delph: TNO Health Research, 1990. p.183-184. (Annual Report).

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

JENSEN, J.K. The assumptions used for exposure assessments. In: SIEWIERSKI, M. (ed.). **Determination and assessment of pesticide exposure**. New York: Elsevier, p. 147-152, 1984.

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; MACHADO, R.F. Avaliação de equipamentos de aplicação de herbicidas em operação de repasse em cana-de-açúcar e segurança para o trabalhador. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.4, p.877-887, 2007.

MACHADO-NETO, J.G. Determination of safe work time and exposure control need for pesticide applicators. **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology**. v.67, p.67-20, 2001.

MACHADO-NETO, J.G.; MATUO, T.; MATUO, Y.K. Efficiency of safety measures applied to a manual knapsack sprayer for paraquat application to maize (*Zea mays* L.). **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology** v.35, p.698-701, 1998.

OLIVEIRA, M.L. **Segurança no trabalho de aplicação de agrotóxicos com turboatomizador e pulverizador de pistolas em citros**. 2000. 99f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

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.