



Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas



DGPC
Direcção-Geral
de Protecção das Culturas

EXPOSIÇÃO AOS PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS DO OPERADOR DE MATERIAL DE APLICAÇÃO

DIVULGAÇÃO



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO DESENVOLVIMENTO RURAL E DAS PESCAS
DIRECÇÃO-GERAL DE PROTECÇÃO DAS CULTURAS

EXPOSIÇÃO AOS PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS DO OPERADOR DE MATERIAL DE APLICAÇÃO

Coordenação:

Jorge F. Moreira

Oeiras

2006

FICHA TÉCNICA

Edição: Direcção-Geral de Protecção das Culturas

Capa e gravação: DSGAAT – Divisão de Documentação, Informação e Relações Públicas

Coordenação: Jorge F. Moreira

Tiragem: 250 exs. 06/06

Série: Divulgação n.º 294
ISSN 0872-2196

ISBN 972-8649-52-5

Distribuição: DSGAAT – Divisão de Documentação, Informação e Relações Públicas
Tapada da Ajuda, Edifício I, 1349-018 Lisboa
Telfs.: 21 361 32 00, 21 361 32 83 – Linha Azul: 21 361 32 88 - Fax: 21 361 32 77
E-mail: dsgaat_ddirp@dgpc.min-agricultura.pt - <http://www.dgpc.min-agricultura.pt>

©2006, DIRECÇÃO-GERAL DE PROTECÇÃO DAS CULTURAS – DGPC

RESERVADOS TODOS OS DIREITOS, DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, À
DIRECÇÃO-GERAL DE PROTECÇÃO DAS CULTURAS – DGPC
QUINTA DO MARQUÊS, 2780-155 OEIRAS

ÍNDICE

NOTA PRÉVIA	1
PARTE I – Exposição potencial do operador de material de aplicação de produtos fitofarmacêuticos	3
1.1 – INTRODUÇÃO	4
1.2 – MATERIAL E MÉTODOS	4
1.2.1 – Ensaios com corantes indicadores	4
1.2.1.1 – Exposição dérmica potencial do operador	5
1.2.1.2 – Ensaios de campo	7
1.2.1.3 – Exposição potencial dos ajudantes do operador	11
1.2.1.4 – Exposição potencial de indivíduos nas proximidades da aplicação	11
1.2.2 – Ensaios com produtos fitofarmacêuticos	12
1.3 – RESULTADOS	13
1.3.1 – Ensaios com corantes indicadores	13
1.3.1.1 – Exposição dérmica potencial do operador	16
1.3.1.2 – Exposição dérmica potencial em diferentes partes do corpo do operador	22
1.3.1.3 – Exposição dérmica potencial dos ajudantes do operador de pistolas de pulverização	25
1.3.1.4 – Exposição dérmica potencial de indivíduos presentes nas imediações	29
1.3.2 – Ensaios com produtos fitofarmacêuticos	32
1.3.3 – Apreciação global da avaliação da exposição dérmica potencial do operador nos países mediterrânicos	32
1.3.3.1 – Ensaios com corantes	32
1.3.3.2 – Ensaios com produtos fitofarmacêuticos	37
1.4 – DISCUSSÃO	39
1.4.1 – Exposição dérmica potencial do operador	39
1.4.2 – Exposição dérmica potencial em diferentes regiões do corpo do operador	41
1.4.3 – Exposição dérmica potencial dos ajudantes presentes nas imediações	41
1.4.4 – Apreciação global da avaliação da exposição dérmica potencial do operador em países mediterrânicos	42
PARTE II – Eficácia do equipamento de protecção individual na prevenção da contaminação do operador de material de aplicação	45
2.1 – INTRODUÇÃO	46
2.2 – AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	47
2.2.1 – Ensaios de laboratório	47
2.2.2 – Ensaios de campo	48

2.3 – RESULTADOS	49
2.3.1. – Ensaio de laboratório	49
2.3.2 – Ensaio de campo	53
2.3.2.1 – Penetração do produto em vários EPI	53
2.3.2.2 – Penetração da calda em diferentes secções do fato de algodão	53
2.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
2.4.1 – Ensaio de laboratório	57
2.4.2 – Ensaio de campo	58
PARTE III – Exposição sistêmica a produtos fitofarmacêuticos do operador de material de aplicação	60
3.1 – INTRODUÇÃO	61
3.2 – ABSORÇÃO DO PESTICIDA PELA PELE DO OPERADOR	61
3.2.1 – Material e métodos	61
3.2.2 – Resultados e discussão	62
3.3 – EXPOSIÇÃO SISTÊMICA DE OPERADORES NO CAMPO	64
3.3.1 – Material e métodos	64
3.3.2 – Resultados e discussão	64
3.4 – CONCLUSÕES	68
NOTA FINAL	69
AGRADECIMENTOS	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

NOTA PRÉVIA

Durante a aplicação de produtos fitofarmacêuticos, é necessário utilizar equipamento de protecção de individual (EPI) para minimizar a exposição do operador àqueles produtos. Para a utilização criteriosa desse equipamento, interessa conhecer devidamente os processos da contaminação e os inerentes riscos para os operadores da utilização de vários tipos de material de aplicação em diferentes condições ambientais e as próprias condições e características do EPI.

Na experimentação, efectuada na DGPC em 1995 e 1996, obtiveram-se resultados preliminares da exposição do operador com diverso equipamento de aplicação, os tradicionais pulverizador de dorso e atomizador de dorso. Estudo com os mesmos objectivos foi efectuado durante a pulverização de fruteiras, a distintas pressões, com turbina rebocada pelo tractor.

A análise das gotas por sistema de imagem dos alvos artificiais, colocados em várias secções no EPI dos operadores, atribuiu o respectivo grau de cobertura, para as técnicas de aplicação ensaiadas (Moreira & Gomes 1997). Todavia, não se quantificou então a calda depositada no operador, por unidade de tempo, dado essencial para os modelos de exposição do trabalhador a estes produtos.

Na Europa e nos EUA, existem vários modelos de previsão da exposição do operador, bem como base de dados da exposição (PHED, 1992). Contudo, estes modelos assentam quase exclusivamente em dados dos países do Norte.

No âmbito do Programa “Standards Measurements and Testing” da União Europeia, em 1996, foi iniciado um projecto multinacional, Avaliação da exposição aos pesticidas do operador e acompanhantes e da contaminação ambiental - “The assessment of operator, bystander¹ and environmental exposure to pesticides” -, coordenado por Richard Glass, do “Central Science Laboratory” do Reino Unido.

O interesse da participação portuguesa no projecto residiu fundamentalmente na escassez de informação sobre a exposição aos produtos fitofarmacêuticos do operador nos países do Sul da Europa, com condições climáticas bem distintas das dos países do Centro e Norte, a que acresce praticarem-se naqueles, muito frequentemente, aplicações manuais, tanto em pleno campo como em ambientes confinados e, particularmente, técnicas de alto volume em culturas em estufa e em pomares. De facto, os modelos existentes, como o “UK POEM” e o modelo de exposição alemão, têm poucos dados sobre as aplicações manuais, havendo indicações da maior exposição destes operadores relativamente aos operadores de métodos de aplicações com pulverizadores acoplados ou rebocados por tractores.

Este projecto europeu abrangeu um vasto e longo programa de experimentação envolvendo seis países, incluindo Portugal, de diferentes regiões climáticas da Europa, com a finalidade principal de obtenção de dados sobre a exposição aos produtos fitofarmacêuticos, nas condições climáticas da Europa meridional.

¹ Entende-se por “bystander” qualquer indivíduo que possa estar presente, ou se desloque ocasionalmente na zona de acção da aplicação e possa ficar sujeito ao seu impacto.

Os trabalhos decorreram, de 1996 a 2000, em países com clima mediterrânico (Espanha, Grécia, Itália, Portugal) e incluíram cenários críticos, como a aplicação de produtos em culturas em estufas, propícia a agravar os riscos de contaminação do operador, os quais foram comparados com os resultados das aplicações em países nórdicos (Finlândia e Reino Unido).

A fim de minimizar a exposição dos aplicadores, a maior parte dos estudos foi concretizada com corantes indicadores, inócuos para a saúde dos trabalhadores, e apenas os ensaios estritamente necessários para a validação daqueles foram efectuados com produtos fitofarmacêuticos. Realizaram-se estudos laboratoriais para validar a metodologia de medição dos corantes indicadores e dos produtos depositados em diferentes porções (correspondentes às várias regiões do corpo do operador) de equipamento de protecção do operador, fabricado com vários tipos de material.

O objectivo primordial deste documento é, pois, a apresentação de elementos sobre a avaliação da exposição do operador aos produtos fitofarmacêuticos e factores influentes deste risco, com base nos resultados daquele projecto, apresentados no seu relatório final (Glass *et al.*, 2002). Neste documento, são focados e detalhados os ensaios realizados em Portugal, efectuando a sua comparação com os resultados obtidos noutros países, com a preocupação da recolha de elementos sobre as diferenças da contaminação dos operadores com a utilização de diversos equipamentos e técnicas de aplicação, manuais e com tractor.

Alguns dos ensaios foram já divulgados em simpósios; mas outros são inéditos, especialmente os respeitantes à exposição dos ajudantes dos operadores e indivíduos ocasionalmente presentes na proximidade das aplicações. Pareceu útil reunir agora a informação obtida num único documento, onde se englobam os dados de estudo em pomares de citrinos, no Vale do Tejo e Algarve, para avaliar a exposição do operador de diferentes máquinas de aplicação e a relação entre as perdas de calda, por arrastamento, e a contaminação do *bystander*.

Na primeira parte é abordada a avaliação da *exposição potencial*, através dos depósitos doseados nas roupas do operador e da *exposição por inalação potencial* pelos depósitos doseados no filtro, obtidos em culturas diversas e com diferentes técnicas de aplicação.

A possível *penetração* do produto fitofarmacêutico através do vestuário é desenvolvida na segunda parte.

Na terceira parte, apresentam-se os estudos para a determinação da *exposição sistémica real*, ou seja, a detecção da substância activa do produto fitofarmacêutico e dos seus metabolitos no sangue e/ou na urina do operador.

-.-.-

Os estudos realizados em Portugal, de 1997 até finais de 2000, foram conduzidos por uma equipa da DGPC, com a colaboração da Divisão de Protecção das Plantas da Direcção Regional de Agricultura do Algarve e de Empresas Agrícolas da Região Agrícola do Oeste a quem se agradece.

PARTE I

**EXPOSIÇÃO POTENCIAL DO OPERADOR DE
MATERIAL DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOFARMACÊUTICOS**

**Jorge F. Moreira¹, Alzira Ribeiro¹,
Júlia Santos¹ & C.R. Glass²**

¹ Direcção-Geral de Protecção das Culturas, Oeiras, Portugal

² Central Science Laboratory, Sand Hutton, York, Reino Unido

I – EXPOSIÇÃO POTENCIAL DO OPERADOR DE MATERIAL DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS

1.1 - INTRODUÇÃO

A avaliação da exposição do operador pode compreender a *exposição sistémica real* ou seja, a detecção da substância activa do produto fitofarmacêutico e dos seus metabolitos no sangue ou na urina do operador, a *exposição dérmica potencial* e a *exposição por inalação potencial*. A exposição dérmica potencial é estimada através dos depósitos doseados nas roupas do operador e a exposição potencial por inalação pelos depósitos doseados no filtro. Todavia, avaliada a exposição dérmica potencial, para a determinação mais precisa dos riscos de exposição do operador, é necessário o conhecimento da possível penetração do produto fitofarmacêutico através do vestuário e a absorção pela pele do operador.

A componente do projecto, em Portugal, incluiu vários estudos, em culturas diversas e com diferentes técnicas de aplicação.

Na primeira fase do projecto, mais de uma centena de ensaios foram realizados com aplicações nas condições praticadas nos países do Sul, incluindo Portugal, usando-se um protocolo da OECD (1997) e constituiu-se uma base de dados utilizada pelo Grupo EUROPOEM.

Assim, reuniram-se informações sobre as exposições potenciais, dérmica e de inalação, do operador, em países do Sul e na Finlândia. Os estudos iniciais foram efectuados, em quatro países (Portugal, Espanha, Itália e Grécia), com corantes indicadores, seguidos de avaliações com uma variedade de produtos fitofarmacêuticos, com base em protocolos comuns. Em complemento à exposição potencial do operador, estenderam-se as observações, quando possível, aos ajudantes do operador, vulgarmente, no caso das pistolas de pulverização, àqueles que auxiliam o manuseamento das mangueiras, e ainda indivíduos “desprevenidos”, ocasionalmente nas proximidades da aplicação (“bystanders”).

1.2 – MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 – Ensaio com corantes indicadores

Para a medição da exposição dérmica potencial, seguiu-se uma metodologia de colheita e avaliação da totalidade do depósito do pesticida no equipamento de protecção individual, de acordo com as exigências da definição de exposição dérmica potencial do Guia da OECD (1997) para a condução de estudos de exposição a pesticidas durante as aplicações agrícolas.

O protocolo, para as determinações da exposição dérmica potencial, encontra-se descrito em Glass *et al.* (1998) e Martinez Vidal *et al.* (1998).

Em Portugal, os ensaios foram realizados no Algarve (Patação e Tavira) e na Região do Oeste, em estufas, nas culturas de tomate, aboborinha, melão, pimento e feijão verde, e em pomares de citrinos algarvios e do Centro Experimental do Escaroupim (Vale do Tejo). Nas estufas, as aplicações foram efectuadas em alto volume com pistola de pulverização manual e com atomizador de dorso e, nos pomares, com pulverização de pressão hidráulica e com turbina.

Complementarmente, efectuaram-se, através da medição das gotas arrastadas para fora da área de aplicação e recolhidas em papeis de filtro, medições de perdas de calda por arrastamento, principal causa da contaminação de outros trabalhadores que possam encontrar-se em tarefas nas proximidades. A exposição potencial destes por inalação e por via dérmica foi avaliada por análise dos filtros das bombas de amostragem da inalação (“IOM samplers”) e do próprio vestuário.

A revisão bibliográfica efectuada evidenciou a inexistência de estudos para a determinação da exposição dérmica potencial em estufas e em aplicações a alto volume, pelo que se efectuaram 56 ensaios em estufas e em pomares, com corantes indicadores, “Sunset Yellow” (E110) e “Green S” (E142).

A extracção dos depósitos dos EPI (fatos-macaco e luvas) foi efectuada com uma mistura de acetona e água destilada e a quantificação por espectrofotometria na zona do visível.

1.2.1.1 – Exposição dérmica potencial do operador

Para a validação do método de análise efectuaram-se, previamente àqueles estudos de campo, ensaios em branco e ensaios de recuperação, através da adição de quantidades de calda de corantes a concentrações previamente determinadas, em amostras de diferentes materiais dos fatos-de-macaco e em luvas de algodão.

Além das determinações acima referidas, para avaliação do rigor do método, repetiram-se medições da recuperação em fragmentos de material fortificados, em pleno campo, para todos os ensaios efectuados em Portugal.

A exposição dérmica potencial do operador, em diferentes regiões do corpo do operador, foi avaliada em todos os ensaios. Em dois deles, compararam-se os resultados obtidos nas aplicações com pistolas de pulverização e atomizador de dorso, Figura 1.1, nas mesmas condições culturais e ambientais.

A aplicação foi feita imediatamente após a última colheita comercial de tomate. As plantas tinham 1,8-2 m de altura com um espaçamento entre filas de 90-170 cm e uma distância das plantas na linha de 30 cm. Os pormenores da aplicação e da área de cultura tratada são apresentados no Quadro 1.1.



Fig. 1.1– Aplicação com atomizador de dorso (A) e com pistola de pulverização (B), em cultura de tomateiro em estufa

Os talhões dos ensaios foram demarcados na estufa com afastamento suficiente para evitar alguma contaminação cruzada.

Quadro 1.1 – Condições de aplicação da calda com corantes indicadores

Equipamento de aplicação	atomizador de dorso	pistolas de pulverização
Espaçamento entre linhas (m)	1,13	1,4
Volume de calda (l/ha)	527	2143
Dose do traçador SY (kg/há)	3,6	5,16
Débito do equipamento (l/min)	0,7	3,0
Área total tratada (m ²)	240	245
Pressão de aplicação (bar)	alimentação por gravidade	8,0
Duração do tratamento (min)	18,1	17,5

A temperatura e a humidade relativa foram medidas, nos ensaios, a cerca de um metro acima do solo com uma frequência de três minutos, conforme se indica no Quadro 1.2, relativo a dois ensaios realizados, A e B. O movimento do ar dentro da estufa foi medido em intervalos de um minuto. A corrente de ar era muito fraca e quase perpendicular às linhas, com uma variação na direcção de 19° e 20°, respectivamente, em cada um dos ensaios.

Quadro 1.2 – Condições meteorológicas na estufa durante as aplicações

<i>Ensaio</i>	Humidade	Humidade	Temperatura	Temperatura	Movimento	Movimento do
	relativa mínima	relativa máxima	mínima	máxima	do ar mínimo	ar máximo
	%	%	(°C)	(°C)	(m/s)	(m/s)
A	45,6	53,6	29,3	30,5	0	1,57
B	48,5	51,0	27,2	28,3	0,69	1,47

A localização das amostras de tecido para esta análise é a indicada na Figura 1.2.

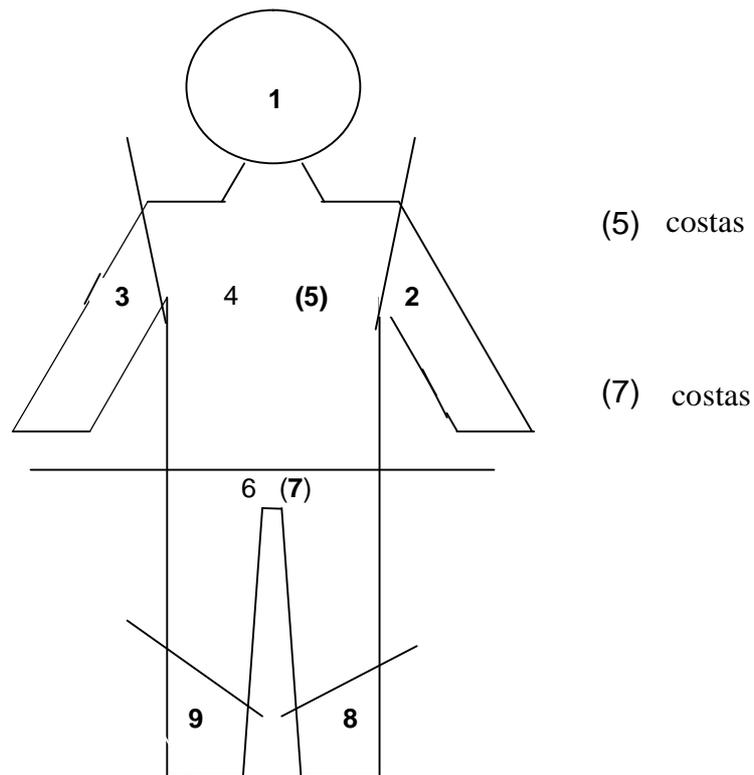


Fig. 1.2 – Secções do fato para extracção do depósito dos corantes indicadores

1.2.1.2 – Ensaio de campo

Para a medição da exposição dérmica potencial, ou seja, da intensidade de contaminação do equipamento de protecção do operador pelo líquido aplicado com corantes indicadores (doseados em diferentes partes dos fatos e nas luvas), foram efectuados ensaios em estufas e em pomares de citrinos, olivais e vinhas, em vários países, tendo Portugal contribuído com uma vintena (estufas e citrinos).

Os períodos de aplicação foram, em geral, menores do que uma hora, o que pode ser inferior a muitas situações da prática, mais representativos de aplicações típicas nas estufas pequenas. Estes pequenos períodos de aplicação permitem uma recolha completa do líquido que se deposita na parte exterior do equipamento de protecção do operador, ou seja, antes de ficarem saturados. Para evitar perdas de medição do líquido depositado no operador, também foi analisado o fato interior, ocasionalmente contaminado por infiltração do fato externo.

Nos ensaios em Portugal, pretendeu-se comparar as técnicas de aplicação mais comuns em estufas portuguesas, quanto à cobertura da cultura e à exposição dérmica do operador na cultura do tomate, no final da cultura: a tradicional aplicação em alto volume com pistolas de pulverização e, em baixo volume, com um atomizador de dorso. Caldas com duas diferentes concentrações de soluções do corante (SY “Sunset Yellow” - E 110) foram preparadas para cada equipamento. O operador vestia um “fato-de-macaco” de algodão sobre um fato absorvente. A exposição dérmica potencial do operador foi determinada por extração e análise, por espectrofotómetro, do depósito do corante sobre ambos os vestuários de acordo com o protocolo descrito em Glass *et al.* (1998) e Martinez-Vidal *et al.* (1998).

Em pomar de citrinos, foram efectuados ensaios com um pulverizador acoplado no tractor e com aplicação manual com pistola, que ainda é corrente no País, em pequenos pomares.

Na mesma linha de plantação dum pomar de citrinos, em Tavira, foram efectuadas duas aplicações, uma com um pulverizador de pressão hidráulica assistido por ar (turbina) acoplado no tractor e outra com pistola de pulverização (Figuras 1.3 e 1.4), em que a calda, para distinção fácil dos dois tipos de pulverização, foi preparada com corantes diferentes, azul (“Blue tracer”) e alaranjado (“Sunset Yellow”), respectivamente, na primeira e na segunda.



Fig. 1.3 – Aplicação em pomar de citrinos com turbina de calda com corante azul (A) e com pistola de pulverização de calda com corante alaranjado (B)



Fig. 1.4 – Deposição de corante azulado no fato do operador da turbina (A) e de corante alaranjado no operador da pistola de pulverização (B), após a aplicação em pomar de citrinos.

As condições atmosféricas verificadas durante a realização dos ensaios estão reunidas nas Figuras 1.5 e 1.6.

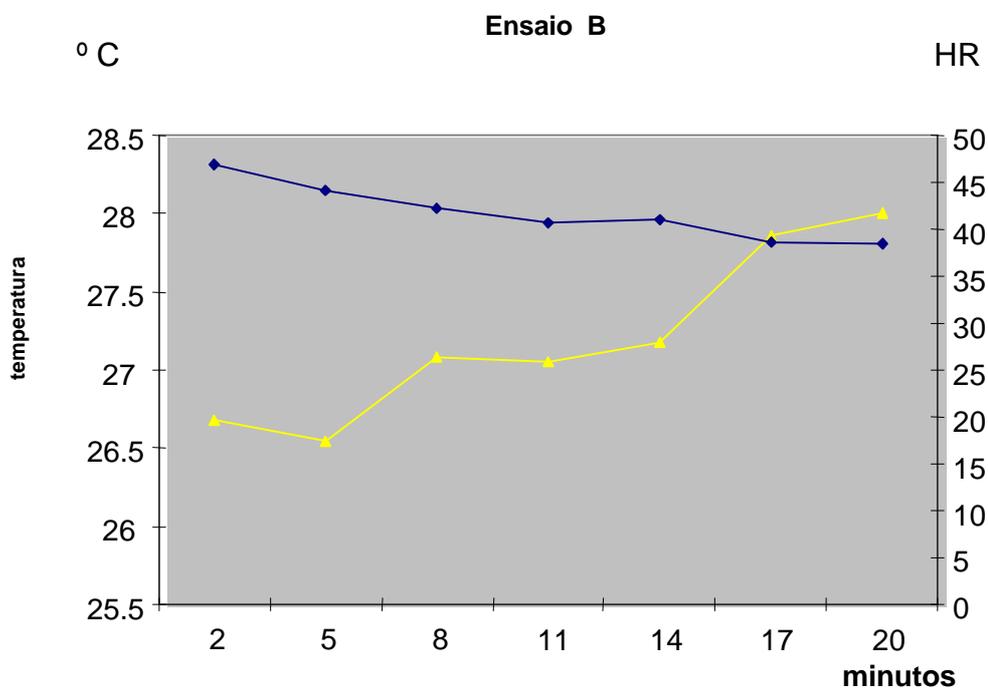
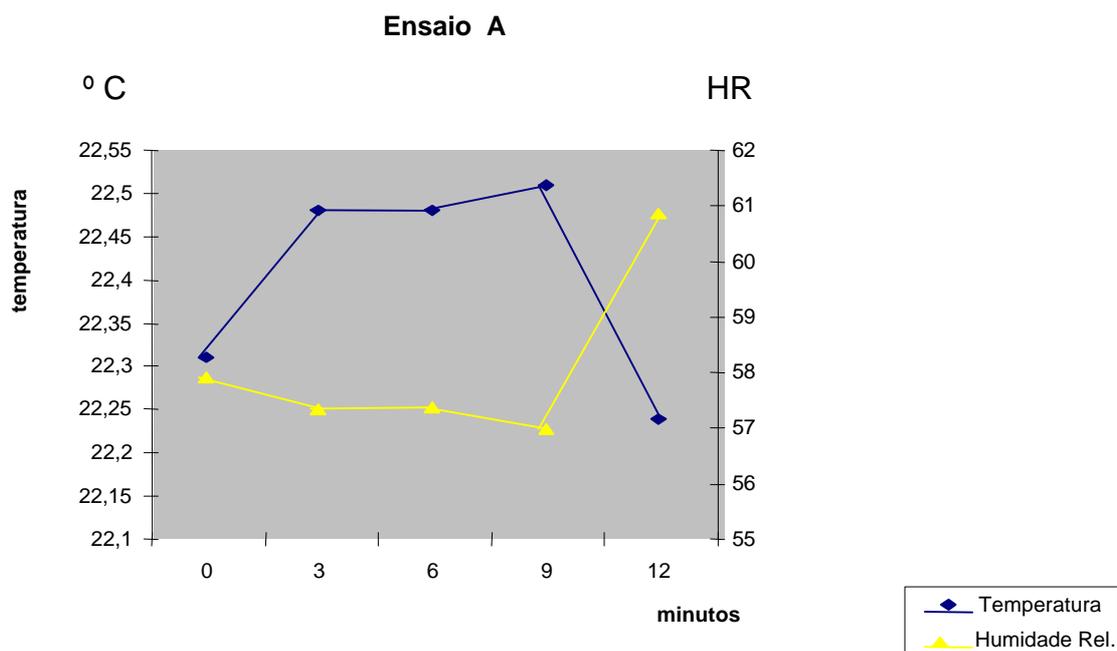


Fig. 1.5 - Temperatura e humidade relativa em cada um dos ensaios

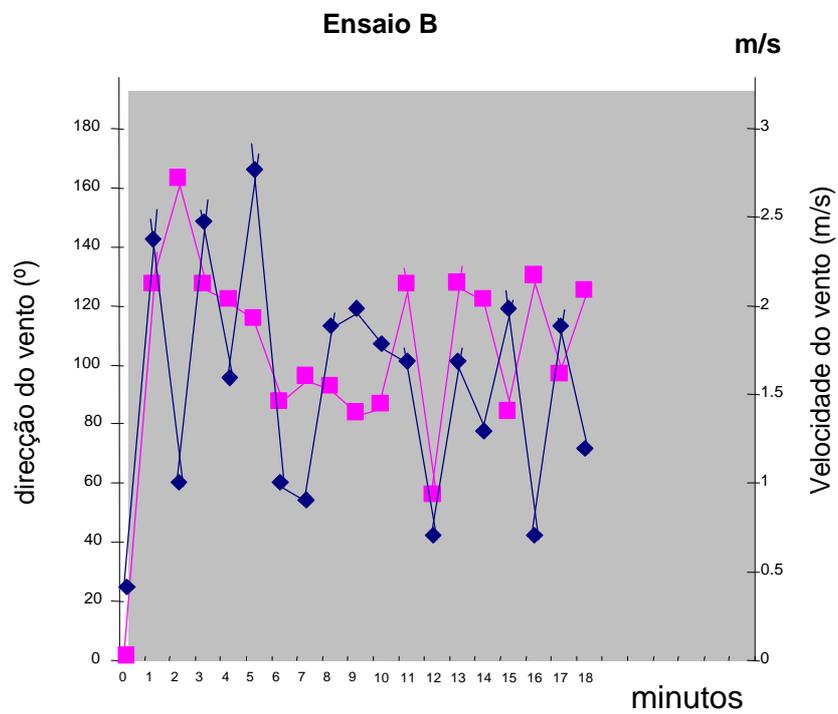
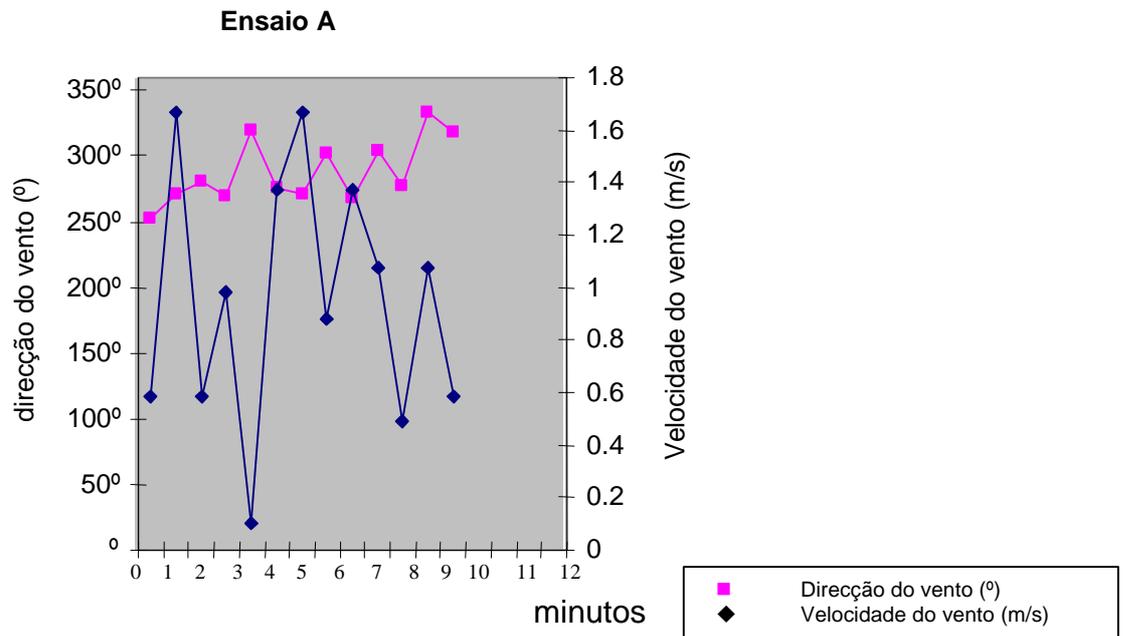


Fig. 1.6 – Direcção e velocidade do vento em cada um dos ensaios

1.2.1.3 – Exposição potencial dos ajudantes do operador

Na aplicação com pistola de pulverização, nas estufas, é normal a presença de um ajudante do operador para manuseamento das tubagens (Figura 1.7), denominado nos modelos de previsão de contaminação por “worker”, sobre o qual foram, também, efectuadas medições de exposição potencial à calda. Os ajudantes dos operadores vestiam fatos de Tyvek e luvas de algodão, em que se efectuaram as medições.



Fig. 1.7 – Manuseamento da tubagem, pelo ajudante do operador na aplicação com pistolas de pulverização em cultura de tomateiro em estufa

1.2.1.4 – Exposição potencial de indivíduos nas proximidades da aplicação

Nas estufas foram avaliados os riscos de exposição, por inalação, de indivíduos ocasionalmente presentes na proximidade exterior das estufas por intermédio da análise dos filtros colocados nas bombas de amostragem (Figura 1.8) que se situaram nas janelas das estufas.



Fig. 1.8 – Filtro de amostragem para estudo da exposição por inalação potencial colocado na janela da estufa

Em pomares de citrinos, além da exposição por inalação potencial, foi avaliada a exposição dérmica de pessoas próximas do local da aplicação, de acordo com o delineamento do protocolo normalizado ISO para a medição do arrastamento (BSI, 1997).

Os indivíduos encontravam-se na direcção do vento, junto aos mastros de recolha da calda arrastada. Numa série de sete ensaios procedeu-se à medição da contaminação dérmica potencial e por inalação em indivíduos ocasionalmente presentes, colocadas às distâncias de 5, 10 e 15 metros, na direcção do vento.

A eficiência das colheitas dos fios de material plástico, colocados verticalmente, tinha sido avaliada em laboratório, com túneis de vento, comparativamente com outros tipos de colheita.

Como se documenta no relatório elaborado por Moreira (1996), tem sido aceite o diâmetro desses fios de 2 mm como colectores de referência estandardizada ISO.

Para cada ensaio foi marcado um talhão com 650 m² (35 árvores). A calda arrastada, no ar e caída no solo, foi recolhida, respectivamente, em fios verticais e também em papel de filtro colocado no solo.

1.2.2 – Ensaios com produtos fitofarmacêuticos

Com protocolo semelhante ao praticado com os corantes, efectuaram-se ensaios com produtos fitofarmacêuticos.

Ao longo do projecto, em face dos resultados, foram feitas gradualmente alterações às recomendações do guia da OECD e do Protocolo da “Environmental Protection Agency” dos Estados Unidos da América (EPA, 1987). No terceiro ano do projecto, foram adaptadas alterações, a pedido da “General Direction of Health and Consumer Protection and Agriculture”, após discussão no Grupo EUROPOEM, como o uso de luvas de algodão por dentro das apropriadas luvas de protecção, para a avaliação da exposição dérmica potencial das mãos.

Os produtos fitofarmacêuticos ensaiados tiveram por base as seguintes substâncias activas: aclonifeno, carbaril, deltametrina, dimetoato, endossulfão, etoprofos, imidaclopride, lindano, metiocarbe, penconazol, procimidona, pirimetanil e, ainda, malatião (na terceira fase do projecto). Em Portugal, usou-se o malatião e a procimidona.

Uma metodologia foi desenvolvida para a validação das análises, pormenorizada no relatório de Glass *et al.* (2002) e seus anexos, em que se descreve o modo de calibração das soluções feitas com um extracto dos diferentes tipos de matriz.

Os extractos foram obtidos, com solventes apropriados para os produtos aplicados, em secções dos fatos e luvas do operador e filtros das bombas de amostragem. Aqueles foram, correntemente os seguintes: Tyvek®; Green ®; White ®; fato de algodão; luvas de algodão; papel de celulose alfa; espuma de poliuretano (PUF); filtros GFA (fibra de vidro); XAD-2.

Para as mãos usaram-se luvas de algodão por baixo de outras protectoras (de nitrilo ou de neoprene nos ensaios em Portugal).

1.3 – RESULTADOS

1.3.1 – Ensaio com corantes indicadores

Na Figura 1.9 mostram-se os espectros observados, típicos dos dois corantes, com os picos de absorvância de 480 nm e 623 nm, respectivamente.

No Quadro 1.3 apresentam-se os resultados das recuperações obtidas com o corante “Sunset Yellow” em fragmentos de fatos, luvas e filtros fortificados no Central Science Laboratory, efectuadas no Laboratório de Resíduos da DGPC.

Os elevados valores de recuperação com os filtros GFA, das bombas de amostragem (Figuras 1.10 e 1.11) para a determinação da exposição potencial por inalação, devem relacionar-se com dificuldades de pipetagem de quantidades muito pequenas do líquido no material absorvente.

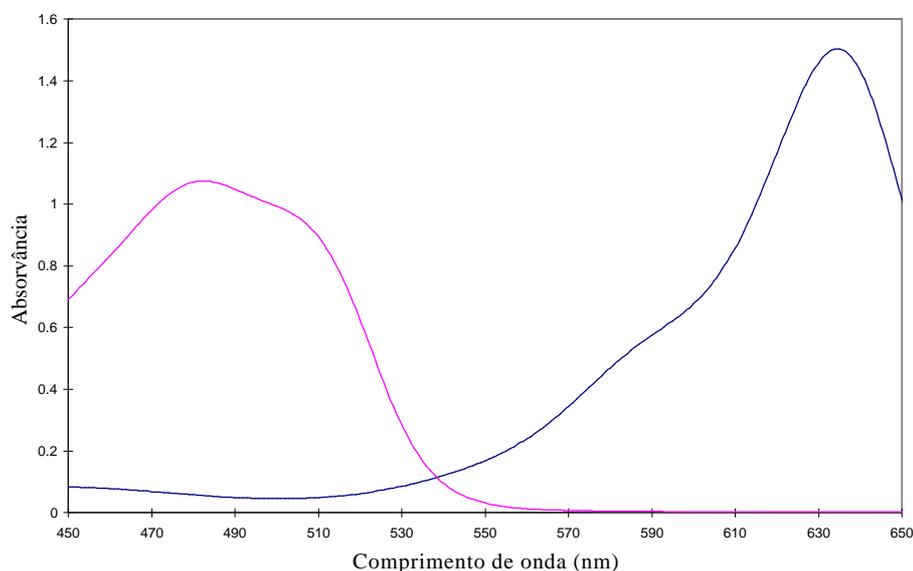


Fig. 1.9 – Absorvâncias dos corantes indicadores Green S e Sunset Yellow (máximos de 480 nm para o Sunset Yellow e de 632 nm para o Green S)



Fig. 1.10 – Bomba de amostragem para medição da contaminação por inalação potencial



Fig 1.11 – Filtro da bomba de amostragem

Quadro 1.3 – Recuperações do corante Sunset Yellow”, em fragmentos de material fortificados no Central Science Laboratory, efectuada em Portugal (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Amostra	Recuperação %
Sontara	96
Sontara	106
Sontara	111
Média	104
CV	7
Tyvek	103
Tyvek	105
Tyvek	107
Média	105
CV	7
Filtro GFA	114
Filtro GFA	119
Filtro GFA	122
Média	118
CV	3
Luvas de algodão	103
Luvas de algodão	103
Luvas de algodão	108
Média	105
CV	3

CV – coeficiente de variação

Os resultados obtidos da recuperação do corante “Sunset Yellow” nos estudos realizados em vários países, identificados com A, B e C, UK-1 e UK-2 estão reunidos no quadro 1.4. Estes dois últimos estudos foram efectuados no Reino Unido, uma ou três semanas depois da fortificação por pipetagem, respectivamente.

Quadro 1.4 – Resultados da recuperação do corante “Sunset Yellow” em estudos realizados em vários países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Amostra	UK-1	A	B	C	UK-3
Luva 1	98	97	105	91	99
Luva 2	101	94	99	89	96
Luva 3	97	92	91	90	95
Média	99	94	98	90	97
d.p	2,0	2,7	7,2	1,1	2,1
Tyvek 1	98	95	95	90	97
Tyvek 2	99	96	96	90	98
Tyvek 3	97	92	103	91	95
Média	98	94	98	90	97
d.p	1,0	2,2	4,2	1,0	1,9
Sontara 1	96	101	92	91	96
Sontara 2	96	96	100	90	95
Sontara 3	97	101	96	92	98
Média	96	99	96	91	96
d.p	0,7	3,1	3,7	0,9	1,4

d.p. – desvio padrão

Alguns resultados nos estudos de contaminação, com corante, que totalizaram cerca de uma centena de medições, são referidos no ponto seguinte.

1.3.1.1 – Exposição dérmica potencial do operador

Ensaio em estufas

Os resultados dos ensaios da exposição dérmica potencial, realizados em Portugal, em aplicações, em estufas, com atomizador de dorso (Figura 1.12 e 1.13) e com pistola de pulverização (Figura 1.14 e 1.15) são reunidos no Quadro 1.5.

Quadro 1.5 – Exposição dérmica e por inalação potenciais, com os métodos de dosimetria total do corpo, com corante, em aplicações com atomizador de dorso e com pistola de pulverização, estufas portuguesas (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Volume pulverizado (l/ha)	Área total (ha)	Volume pulverizado (litros)	Tempo amostra dérmica (h)	Cultura	Altura das plantas (m)	Espaçamento das linhas (m)	Total de calda no corpo (ml/hora)	Total de calda nas mãos (ml/hora)	Inalação de calda (ml/hora)
492#	0,018	9	0,28	Feijoeiros	2	1,1	46,2	22,8	0,51
375#	0,029	11	0,18	Aboborinha	0,5 – 0,6	1,1	45,8	1,1	0,40
505#	0,018	9	0,25	Feijoeiros	2	1,2	28,0	6,4	0,43
425#	0,025	11	0,21	Tomate	1,7 – 2,0	1,2	43,2	6,7	0,83
500#	0,025	13	0,20	Tomate	1,8 – 2,1	1,1	31,2	3,2	0,59
4625*	0,019	89	0,36	Tomate	2	1,1	116,8	0,8	0,4
2259*	0,036	81	0,43	Tomate	1,5 - 2	1,1	62,1	0,4	ns
2133*	0,051	110	0,50	Tomate	1,5 - 2	1,1	34,6	0,0	ns
520#	0,029	13	0,30	Tomate	1,8 - 2	0,9 – 1,7	19,3	5,2	0,05
2143*	0,025	53	0,29	Tomate	1,8 - 2	0,9 – 1,7	234,7	30,7	0,14
1134*	0,034	38	0,29	Tomate	2	0,7 - 1,5	123,9	7,1	0,09
1492*	0,051	76	0,41	Tomate	2 – 2,1	1,1	565,7	2,0	1,02
ia #							36	8	0,5
CV #							31	102	55
Média *							190	7	0
CV *							104	175	147

#atomizador

*pistola de pulverização

ns = amostra não colhida ou mau funcionamento da bomba de amostragem

CV – coeficiente de variação



Fig. 1.12 – Operador durante a aplicação com atomizador de dorso na cultura de tomateiro em estufa, notando-se a contaminação do corante alaranjado no fato de “Sontara”



Fig. 1.13 – Contaminação do corante alaranjado no braço e mão, esquerdos (A) e direitos (B), do operador, após aplicação com atomizador na cultura de tomateiro em estufa



Fig 1.14 – Operador na aplicação com pistola de pulverização notando-se a contaminação do corante alaranjado no fato de protecção



Fig 1.15 – Contaminação do corante indicador no braço e mão, esquerdos (A) e direitos (B), do operador após aplicação com pistola de pulverização na cultura de tomateiro em estufa

Ensaio em pomares de citrinos

Os resultados, nos ensaios de campo em Portugal, em pomares de citrinos, para determinação da exposição dérmica (total no vestuário e nas mãos) e por inalação potenciais, com corantes, do operador de pistola de pulverização (Fig. 1.16 a 1.18) e do tractorista em aplicação com pulverizador acoplado em tractor sem cabine (Fig. 1.19 e 1.20) estão incluídos nos Quadros 1.6 a 1.8. O primeiro inclui elementos reunidos em Glass *et al.* (2002) e nos dois outros quadros apresentam-se resultados ainda não publicados.

Quadro 1.6 – Exposição dérmica e por inalação potenciais, com os métodos de dosimetria total do corpo, com corante, em estudos em pomares portugueses, com pistola de pulverização (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Volume pulverizado (l/ha)	Área total (ha)	Volume pulverizado (litros)	Tempo de amostra dérmica (h)	Cultura	Altura das plantas (m)	Compasso (m)	Total de calda no corpo (ml/hora)	Total de calda nas mãos (ml/hora)	Inalação de calda (ml/hora)	Velocidade do vento (km/h)
1675	0,04	65,3	0,23	Citrinos	3,5 - 4	6 x 5	79,3	6,9	<LOD	1,1 - 8,5
1358	0,05	65,2	0,24	Citrinos	3,2 - 4	6 x 5	560,8	38,0	1,10	4,4 - 14
1066	0,07	63,9	0,23	Citrinos	3,0 - 3,5	7 x 2,7	91,9	10,2	0,38	4,8
1009	0,07	63,4	0,25	Citrinos	3,0 - 3,5	7 x 2,7	70,9	7,7	0,27	6,2
1074	0,06	61	0,21	Citrinos	3,0 - 3,5	7 x 2,7	63,3	12,4	<LOD	6,4
Média							207	25	0,5	
CV							119	133	132	

LOD (dose mínima detectável) equivalente a 0,005 ml de solução pulverizada.

CV (coeficiente de variação) calculados assumindo LOD = 0

Quadro 1.7 – Exposição dérmica e por inalação potenciais do operador do tractor com pulverizador nos três pontos para aplicação simultânea com duas pistolas de pulverização, com os métodos de dosimetria total do corpo, com corante, em pomares portugueses.

Volume pulverizado (l/ha)	Área total (ha)	Volume pulverizado (litros)	Tempo de amostra dérmica (h)	Cultura	Altura das plantas (m)	Compasso (m)	Total de calda no corpo (ml/hora)	Total de calda nas mãos (ml/hora)	Inalação de calda (ml/hora)	Velocidade do vento (km/h)
727 *	0,12	86,2	0,09	Citrinos	3,5 - 4	6 x 5	12,1	3,3	<LOD	2,5 - 6,6
727	0,12	86,2	0,09	Citrinos	3,5 - 4	6 x 5	568,0	94,9	1,6	2,5 - 6,6
727	0,12	86,2	0,09	Citrinos	3,5 - 4	6 x 5	1158,3	174,9	3,9	2,5 - 6,6

* - operador do tractor com pulverizador nos três pontos para aplicação com pistolas.

Quadro 1.8 – Exposição dérmica potencial, com os métodos de dosimetria total do corpo, com corante, em estudos em pomares portugueses, com pulverizador acoplado em tractor sem cabine (pulverizador de pressão hidráulica e barras verticais, suspenso no tractor)

Volume pulverizado (l/ha)	Área total (ha)	Volume pulverizado (litros)	Tempo amostra dérmica (h)	Cultura	Altura das plantas (m)	Espaço entre-linhas (m)	Total de calda no corpo (ml/hora)	Total de calda nas mãos (ml/hora)	Velocidade do vento (km/h)
1186	0,16	185	0,13	Citrinos	3,5 - 4	6 x 5	976,2	56,5	7,4 - 19,6



Fig. 1.16 – Início da aplicação de corantes indicadores com pistola em citrinos (A) e efeito da deposição do corante no fato do operador, muito visível no final da pulverização (B).



Fig. 1.17 - Aplicação simultânea de dois operadores com pistolas de pulverização em pomar de citrinos, observada de frente (A) e junto ao tractor (B).



Fig. 1.18 – Vista de lado (A) e de frente (B) dos operadores das pistolas e do tractorista, no centro, após aplicação de calda com corantes



Fig. 1.19 – Aplicação com pulverizador de pressão hidráulica, suspenso no tractor



Fig. 1.20 – Contaminação das costas (A) e da secção superior do EPI (B) do operador, após aplicação, de calda com corante, com pulverizador suspenso nos três pontos do tractor

1.3.1.2 – *Exposição dérmica potencial em diferentes regiões do corpo do operador*

Ensaio em estufas

No Quadro 1.9 mostram-se os valores da exposição dérmica potencial do operador, nas diferentes regiões do corpo.

Quadro 1.9 – Exposição dérmica potencial do operador (ml/hora da calda com corante) com aplicações, em estufa, com o atomizador de dorso (*Ensaio A*) e pistolas de pulverização (*Ensaio B*)
(Extraído de Moreira *et al.*, 2000)

<i>Secção do corpo</i>	<i>Ensaio A</i>	<i>Ensaio B</i>
Cabeça/pescoço	0,21	3,97
Braço esquerdo	2,92	22,97
Braço direito	8,11	39,05
Peito	0,61	38,34
Costas	0,89	19,90
Coxas/cintura (frente)	2,25	54,65
Coxas/cintura (detrás)	1,58	12,29
Perna esquerda	1,24	21,96
Perna direita	1,48	22,31
Total do corpo (fato-de-macaco)	19,3	234,7

No Quadro 1.10 apresentam-se os valores da deposição de gotas em papéis hidrossensíveis nas pulverizações pneumática (atomizador) e em alto volume.

Quadro 1.10 – Deposição de gotas em papéis hidrossensíveis, avaliada por sistema de análise de imagem. Plantas: **A.1** e **A.2** – pulverização pneumática; **B.1** e **B.2** – pulverização em alto volume.

Planta	Altura (m)	Nº gotas (cm ²)	Cobertura (%)
A.1	0,5	36	4,6
	1	62	13,6
	2	31	3,6
A.2	0,5	72	24,4
	1	28	3,8
	2	22	2,2
B.1	0,5	19	29,8
	1	17	59,3
	2	33	34,1
B.2	0,5	14	52,6
	1	29	12,4
	2	16	55,7

O elevado grau de cobertura, como esperado, foi maior no alto volume do que na pulverização pneumática. Alguns valores de cobertura, próximos de 60 %, com reduzido número de gotas por cm², conduzem à habitual situação de escorrimento, na pulverização em alto volume, proporcionando maior exposição do operador da pulverização de pressão hidráulica.

Em virtude da melhor distribuição na folhagem e das menores perdas de calda por escorrimento, não existiu a preocupação em aumentar a concentração do líquido do depósito do atomizador para, em função do menor volume de calda aplicado, assegurar a mesma dose para ambas as técnicas. Deste modo, para as condições de ensaio, são muito notórias as diferenças de contaminação de calda, para os tipos de aplicação efectuados. Todavia, relativamente à contaminação com substância activa, seguindo o pressuposto da necessidade de igualar a dose para as duas aplicações, dever-se-á efectuar alguma correcção. Nos ensaios, as concentrações do corante indicador foram escolhidas em função de melhor eficiência na medição espectrofotométrica, não resultando a mesma dose de substância nos dois ensaios. No Quadro 1.11 apresenta-se um exercício para correcção desta discrepância da dose. Se fosse simulada uma dose, por exemplo, de 0,4 kg/ha de substância activa dum produto fitofarmacêutico, a concentração da solução aplicada poderia ser determinada, com base nos volumes de aplicação de 527 l/ha e 2 134 l/ha, respectivamente, para os ensaios em alto volume e em pulverização pneumática. Os índices de contaminação total do corpo para os dois ensaios foram 19,3 e 234,7 ml/hora, indicando que a aplicação em alto volume resulta num aumento de 15 vezes da contaminação em comparação com a do atomizador. Contudo, tomando em conta a concentração a que o pesticida seria aplicado com as duas técnicas, de modo a obter-se a mesma dose, a exposição potencial do operador, em termos de massa de substância activa, é calculada em 14,6 mg/hora para o ensaio 1 e 43,8 mg/hora para

o ensaio 2, ou seja, o nível da exposição dérmica do produto fitofarmacêutico no alto volume seria triplo do baixo volume.

Quadro 1.11 – Comparação da exposição potencial do operador, com a extrapolação da concentração da substância activa aplicada.

<i>Técnica de aplicação</i>	<i>Pulverização pneumática</i>	<i>Alto volume</i>
Volume de aplicação	527	2143
Dose do pesticida (exemplo) (g s.a./ha)	400	400
Concentração da substância activa aplicada (mg s.a./litro)	0,76	0,19
Exposição potencial do operador (ml solução de pulverização/hora)	19,3	234,7
Exposição potencial do operador (mg s.a./hora)	14,6	43,8

Pomares de citrinos

No Quadro 1.12 mostram-se os valores, expressos em quantidade de líquido no fato de algodão por unidade de tempo, relativos à exposição dérmica potencial do operador medida pelo método acima mencionado (Martinez-Vidal *et al.*, 1998). A maior exposição do operador, na aplicação manual, é patente, mas a do condutor do tractor sem cabine, na aplicação com turbina, é bem significativa para ser requerida a utilização de apropriado EPI (Moreira *et al.*, 2001). Em consequência, os resultados justificam, claramente, a recomendação do uso de tractor com cabine.

Quadro.1.12 – Quantidade de solução (ml/hora) em diferentes partes do fato de algodão, após aplicação, num pomar de citrinos, com turbina acoplada a tractor, (*ensaio 1*) e com pistola de pulverização (*ensaio 2*) (Adaptado de Moreira *et al.*, 2001)

<i>Secção do corpo</i>	<i>Ensaio 1</i>	<i>Ensaio 2</i>
Cabeça/pescoço	1,21	1,66
Braço esquerdo	2,15	6,08
Braço direito	1,46	8,84
Abdómen	1,87	15,10
Costas	2,61	5,57
Coxas/cintura (frente)	2,70	13,22
Coxas/cintura (detrás)	0,19	2,38
Perna esquerda	0,58	7,13
Perna direita	0,43	8,86
Total	13,20	68,84

1.3.1.3 - Exposição dérmica potencial dos ajudantes do operador de pistolas de pulverização

Estufas

Os resultados da medição de exposição potencial à calda de ajudantes do operador, encarregados do manuseamento das tubagens, encontram-se no Quadro 1.13.

Quadro 1.13 – Contaminação dérmica e por inalação potencial (ml/h de calda com corante) do ajudante do operador durante a aplicação em estufas na cultura do tomate com pistolas de pulverização

<i>Local</i>	<i>Tavira</i>	<i>Sobral</i>	<i>Tavira</i>
Altura da planta (m)	2	2-2,1	2
Entrelinha (m)	0,7-1,5	1,1	1,1
Exposição por inalação	0,01	0,01	0,02
Cabeça/pescoço	0,14	0,02	0,25
Braço esquerdo	1,77	2,68	14,11
Braço direito	0,66	1,40	54,72
Abdómen	1,38	1,55	4,62
Costas	0,91	0,13	3,06
Coxas/cintura (frente)	2,8	3,95	11,88
Coxas/cintura (detrás)	4,25	0,417	4,904
Perna esquerda	2,17	1,09	39,72
Perna direita	0,86	1,03	28,72
Mão esquerda	12,59	26,22	26,79
Mão direita	10,96	26,35	n.r.

n.r. – não registado

Nos dois primeiros ensaios, o ajudante encontrava-se dentro da estufa, mas junto às janelas no topo das linhas de plantação, ou seja algo afastado da folhagem a ser pulverizada (Fig. 1.21) manuseando as tubagens. Na Fig. 1.22, é bem visível a contaminação do ajudante. No último ensaio, ao contrário do habitual, este deslocava-se junto ao aplicador, o que explica, evidentemente, os valores relativamente elevados da contaminação em diferentes secções do fato.

Nos três ensaios, os valores relativamente elevados nas luvas dos ajudantes são notáveis, como aliás se compreende pelo manuseamento das mangueiras.

Nalgumas estufas tem havido a melhoria dos sistemas de pulverização com equipamento de comando remoto, montado em carris instalados nas entrelinhas da plantação (Fig. 1.23). Embora se diminua a contaminação do operador, é também clara a sua vulnerabilidade à exposição com a calda durante o enrolamento das mangueiras e da eventual exposição por inalação. Neste processo, evitando o contacto com a folhagem pulverizada, o operador tem a tarefa do enrolamento da tubagem, visível à direita na Fig. 1.23, que noutros processos é tarefa do ajudante. Ou seja, os resultados da contaminação dos ajudantes dos métodos atrás descritos são mais ou menos equivalentes aos destes operadores de equipamentos com comando remoto. É de admitir que a contaminação do ajudante de operador observada nos processos tradicionais possa ser extrapolada para os utilizadores

destes modernos equipamentos. Com este equipamento mais mecanizado, permitindo um maior uniformidade da distribuição da calda, utilizam-se volumes de calda por superfície semelhantes a outras técnicas com equipamento de pressão hidráulica tradicionalmente usadas nas estufas, pelo que, de igual forma, a avaliação da exposição de indivíduos nas proximidades, adiante apresentada, também é aplicável a esta técnica de aplicação.



Fig. 1.21 – Aplicação em cultura de tomate em estufa; operador no 1º plano e o ajudante no 2º plano.



Fig. 1.22 – Deposição de calda com corante azulado no fato do ajudante após aplicação com pistolas de pulverização na cultura de tomateiro em estufa



Fig. 1.23 – Equipamento de aplicação de produtos fitofarmacêuticos em carris na entrelinha, com accionamento por dispositivo de comando remoto, nas estufas da empresa Carmo & Silvério (A-dos-Cunhados), em 2002. À direita, enrolamento da tubagem em equipamento de aplicação instalado em carris na entrelinha

Pomares de citrinos

Em pomar de citrinos, a exposição de ajudantes do operador na pulverização, com pistola, é apresentada no Quadro 1.14 referente a quatro ensaios, documentadas nas imagens fotográficas apresentadas na Figura 1. 24. Todavia, neste tipo de aplicação quando o operador se desloca junto ao tractor (Fig. 1.25), a presença do ajudante não é habitual.

Para os resultados relativamente elevados registados no abdómen e coxas/cintura, no segundo ensaio de Escaroupim, deve ter contribuído a velocidade do vento na altura da aplicação, bastante acima dos valores considerados convenientes para a aplicação.

Quadro 1.14 – Contaminação dérmica e por inalação potencial do ajudante do operador (ml/h de calda com corante) durante a aplicação em pomares de citrinos com pistolas de pulverização

<i>Local</i>	<i>Faro</i>	<i>Faro</i>	<i>Escaroupim</i>	<i>Escaroupim</i>
Atura da copa	3-3,5	3-3,5	3,5-4	3,5-4
Compasso (m)	7 x 2,7	7 x 2,7	6 x 5	6 x 5
Velocidade do vento (km/h)	6,2	6,4	1,1-8,5	4,2-14
Exposição por inalação (ml/h)	0,012	n.d.	0,01	0,017
Cabeça/pescoço	0,08	0,40	1,84	2,64
Braço esquerdo	0,20	3,01	1,92	4,15
Braço direito	0,25	0,87	4,79	5,52
Abdómen	0,35	1,07	6,68	11,82
Costas	0,24	2,23	5,12	3,41
Coxas/cintura (frente)	0,06	1,49	5,90	13,79
Coxas/cintura (de trás)	0,24	0,58	2,14	2,09
Perna esquerda	0,50	0,85	2,743	7,44
Perna direita	0,36	0,79	4,62	4,94
Mão esquerda	0,78	1,95	2,29	4,30
Mão direita	0,51	5,20	1,51	4,09

n.d. – não detectado



Fig. 1.24 – Ensaio com corantes para avaliação da exposição do operador e do ajudante do operador na pulverização, com pistola, em pomar de citrinos



Fig. 1.25 – Aplicador com pistola de pulverização deslocando-se junto do tractor

1.3.1.4 - Exposição dérmica potencial de indivíduos presentes nas imediações

Nos modelos de previsão da exposição, resultante da aplicação de produtos fitofarmacêuticos tem havido a preocupação em incluir os riscos da exposição potencial dos indivíduos eventualmente presentes nas imediações da aplicação denominados por “bystander”.

Estufas

Os resultados obtidos em treze ensaios, em ml por hora de calda com corante, analisada nos filtros foram: com atomizador, 0,005, 0,007, 0,008, 0,025, 0,017, 0,04; com pistola de pulverização, n.d., n.d., 0,008, 0,055, 0,01, 0,025, 0,017. Observou-se, pois, uma grande variação dos resultados, não sendo possível encontrar diferenças seguras entre os dois tipos de aplicação. Apenas em dois destes ensaios nos filtros não foi detectada contaminação (valores inferiores ao limite mínimo detectável).

Pomares de citrinos

De acordo com elementos divulgados em Glass *et al.* (2002), as observações do conjunto dos ensaios mostraram quantidades da calda no solo até 5 l/ha (0,5 ml/m²) à distância de 12 m da área tratada na direcção do vento. Para a calda perdida no ar, o modo de exprimir as suas quantidades é a percentagem do volume aplicado, que, nos ensaios efectuados atingiu 0,33%, a 10 m na direcção do vento, e 0,13%, a 20 m. Os resultados da contaminação potencial de indivíduos na proximidade da zona de aplicação, na direcção do vento, encontram-se no Quadro 1.15. A intensidade do vento, em m/s, na altura das três aplicações efectuadas foi: 1,26; 1,73; 1,77.

Sob a coordenação de R. Glass e com a colaboração de equipa de técnicos do “Central Science Laboratory”, foram efectuados ensaios de campo, na Estação de Tavira, para estudo do arrastamento da calda, relatado em Moreira *et al.* (1999b), e da contaminação de pessoas na proximidade da aplicação (Fig. 1.26 e 1.27).

Quanto à contaminação por inalação potencial, nos três ensaios, registaram-se valores muito baixos, indicados no Quadro 1.15.

Quadro 1.15 – Contaminação com corantes indicadores de voluntários próximos (10 metros) da linha de plantação do pomar de citrinos pulverizado com pistolas

<i>Aplicação</i>	<i>Exposição dérmica potencial</i> volume total (ml)	<i>Exposição dérmica potencial</i> Volume (ml/hora)	<i>Exposição por inalação potencial</i> total (ml)	<i>Exposição por inalação potencial</i> (ml/hora)
<i>1</i>	0,03	0,13	0,003	0,013
<i>2</i>	0,015	0,65	n.d.	n.d.
<i>3</i>	0,117	0,504	n.d.	n.d.

n.d. – não detectado

Os resultados de sete ensaios em que se mediu a contaminação dérmica potencial e por inalação de indivíduos ocasionalmente presentes estão indicados no Quadro 1.16.

Quadro 1.16 – Contaminações dérmica e por inalação potenciais de voluntários próximos da zona de pulverização em pomares de citrinos

<i>Distância à aplicação (m)</i> <i>Local</i>	<i>5</i> <i>Escarou-pim</i>	<i>5</i> <i>Escarou-pim</i>	<i>5</i> <i>Escarou-pim</i>	<i>10</i> <i>Faro</i>	<i>10</i> <i>Faro</i>	<i>10</i> <i>Faro</i>	<i>15</i> <i>Escarou-pim</i>
Altura da copa (m)	3,5-4	3,2-4	3,5-4	3,0-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5	3,5-4
Compasso (m)	6 x 5	6 x 5	6 x 5	7 x 2,7	7 x 2,7	7 x 2,7	6 x 5
Velocidade do vento (km/h)	1,1-8,5	4,2-14,0	2,6-6,5	4,8	6,2	6,4	2,5-6,5
Exposição por inalação (ml/h)	n.d.	n.d.	n.r.	0,013	n.d.	n.d.	n.r.
Cabeça/pescoço	n.d.	n.d.	n.r.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Braço esquerdo	n.d.	n.d.	0,267	n.d.	n.d.	0,084	n.d.
Braço direito	n.d.	0,136	0,133	n.d.	n.d.	0,079	n.d.
Abdómen	0,045	0,302	0,326	0,129	0,065	0,21	n.d.
Costas	n.d.	0,143	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Coxas/cintura (frente)	0,060	0,377	0,452	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Coxas/cintura (detrás)	n.d.	0,132	0,139	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Perna esquerda	0,098	0,087	0,046	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Perna direita	0,064	0,182	0,427	n.d.	n.d.	0,131	n.d.
Mão esquerda	0,713	0,224	n.r.	n.d.	n.d.	n.r.	n.r.
Mão direita	0,503	0,233	n.r.	n.d.	n.d.	n.r.	n.r.

n.d. – não detectado; n.r. – não registado



Fig. 1.26 – Ensaio em pomar de citrinos, para estudo do arrastamento da calda e da contaminação dos indivíduos presentes nas imediações da aplicação (note-se o papel de filtro no solo e as linhas suspensas fixadas em mastro)



Fig. 1.27 – Pulverização com pistola (A) em pomar de citrinos para estudo da exposição do operador, do arrastamento de calda e da contaminação do voluntário estacionário à distância de 5 metros (B) da zona pulverizada

1.3.2 - Ensaios com produtos fitofarmacêuticos

Como já referido, foram efectuados ensaios, em países do Sul da Europa e na Finlândia, de determinação da contaminação potencial do operador em aplicações com produtos fitofarmacêuticos.

Os níveis da exposição dérmica potencial do operador foram similares aos encontrados com os corantes. Convém, todavia, salientar que deve ser tido em conta na apreciação da variabilidade dos resultados, o facto das condições de campo e dos operadores diferirem nos vários ensaios.

No Quadro 1.17 apresentam-se os resultados da exposição dérmica potencial, com os métodos de dosimetria total do corpo, na cultura de tomateiro em estufas portuguesas, com tempos de aplicação entre meia a uma hora.

Quadro 1.17 – Exposição dérmica potencial com produtos fitofarmacêuticos do operador de pistolas de pulverização, em estufas portuguesas, avaliada com os métodos de dosimetria total do corpo (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Volume da calda aplicado (l/ha)	Área total (ha)	Concentração final da calda (g s.a /l)	Volume pulverizado (litros)	Tempo da amostra dérmica (h)	Cultura	Altura das plantas (m)	Espaçamento das linhas (m)	Total no fato (ml/hora)	Total nas mãos (ml/hora)
1849	0,039	0,4	72	0,35	Tomate	0,9 - 1,4	0,8 - 1,1	699,9	0,19
1450 #	0,039	0,6	57	0,35	Tomate	0,9 - 1,4	0,8 - 1,2	192,2	0,00
1224	0,040	0,7	48	0,38	Tomate	1,4	1,1	168,8	0,08
952	0,068	0,4	65	0,40	Tomate	1,5 - 1,8	0,8 - 1,2	180,8	0,03
1850	0,046	0,5	85	0,53	Tomate	1,5 - 1,9	0,8 - 1,3	136,7	0,04
2081	0,042	0,5	87	0,50	Tomate	1,5 - 2,10	0,8 - 1,4	170,0	0,41
Média								258	0,1
CV								84	124

CV – coeficiente de variação

– operador deslocou-se de recuo durante a aplicação

1.3.3 - Apreciação global da avaliação da exposição dérmica potencial do operador nos países mediterrânicos

1.3.3.1 – Ensaios com corantes

No conjunto dos ensaios, efectuados nas condições de clima mediterrânico, em Portugal (Oeste e Algarve), Espanha, Itália e Grécia, os valores de contaminação dérmica potencial dos operadores situaram-se, geralmente, entre 20 e 600 ml/h de

calda, com um coeficiente de variação da ordem dos 150%, mas nalguns casos atingiram cerca de 2000 ml/h. Os resultados obtidos ilustram uma apreciável variabilidade; inclusivamente em condições similares e numa única região o coeficiente de variação foi de cerca de 100% (Glass *et al.*, 2001a). Esta elevada variação é consistente com outros dados publicados (Lundehn *et al.*, 1992; van Hemmen, 1992) e que tinham sido usados como base para os modelos de exposição do operador na Holanda e Alemanha.

Mostrando-se os métodos desenvolvidos bastante robustos, com dados de recuperação usualmente entre 90 e 110%, a variabilidade dos resultados parece dever-se às condições dos ensaios de campo, como culturas, técnicas de aplicação e desempenho do operador.

Os valores foram sempre referidos como de exposição potencial; apesar das medições serem da contaminação externa do fato protector, deve-se lembrar que a própria roupa do operador e a sua pele servem para reduzir a eventual exposição sistémica à substância aplicada.

Na Fig. 1.28, respeitante aos ensaios em Portugal, ilustram-se os níveis de contaminação, em proporção do volume de calda aplicada, expressos em mililitros por litro de calda aplicada, colhidos na superfície do equipamento dos trabalhadores, no período final da colheita. Para os outros países mediterrânicos incluídos no Projecto, esta relação encontra-se no relatório de Glass *et al.* (2002), que não se reproduz aqui. Anota-se, todavia, que estes autores consideraram que os níveis de contaminação determinados, embora tivessem sido muito dispersos, foram similares quando comparados os mesmos tipos de aplicação efectuados nos diferentes países.

A contaminação da roupa dos operadores, em função do tempo de trabalho, expressa em mililitros da deposição por minuto, no conjunto de todos os países, é mostrada na Fig. 1.29.

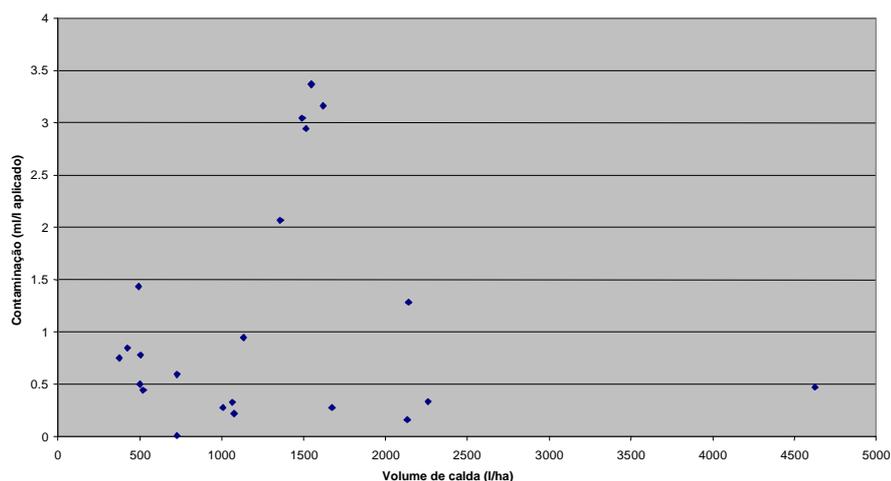


Fig. 1.29 – Contaminação com calda com corantes do fato do operador, em proporção ao volume de calda aplicada, nos ensaios portugueses (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

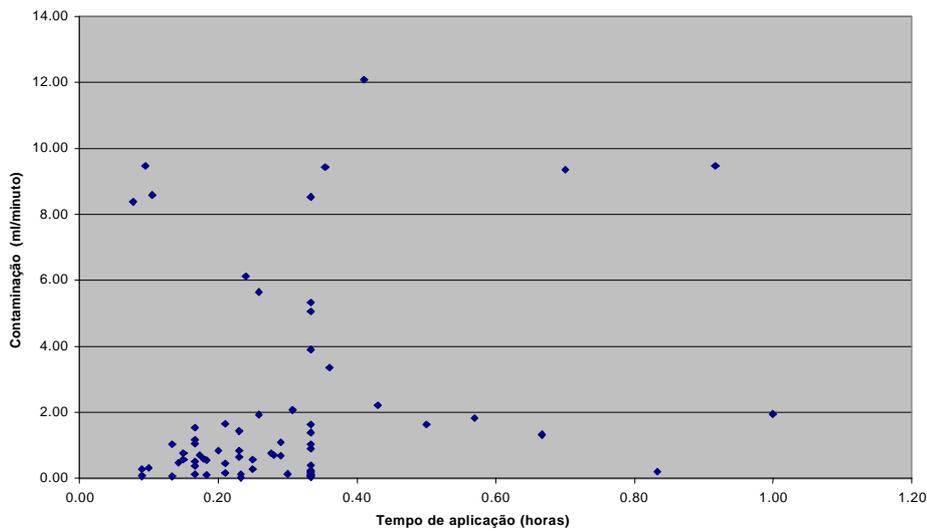


Fig. 1.29 – Contaminação com calda com corantes do fato do operador em função do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica) nos ensaios na totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Ainda para o conjunto dos ensaios realizados nos países mediterrânicos, foi comparado o nível da contaminação no equipamento de protecção, em função do volume de calda aplicada, em proporção do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica), expresso em ml/minuto/litro aplicado, como se mostra na Fig. 1.30.

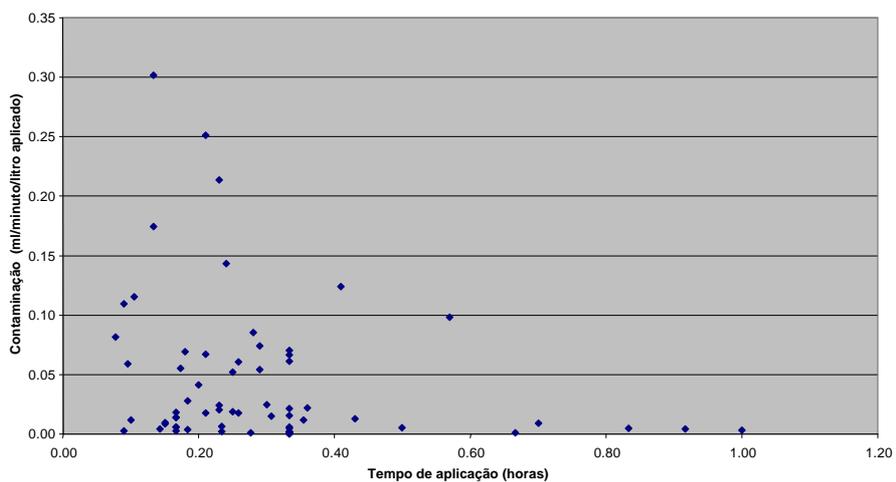


Fig. 1.30 – Contaminação com calda com corantes do fato do operador, em proporção ao volume de calda aplicada, em função do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica) dos ensaios, na totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Para se avaliar a possível influência na contaminação do tipo de canópia da cultura, ou seja, se os valores mais elevados correspondem ao método de aplicação de lança manual, reuniram-se os resultados da contaminação, para os ensaios do conjunto dos países numa larga gama de culturas hortícolas de várias alturas, nas Figuras 1.32 e 1.32, respectivamente, expressos em ml/minuto e por ml/minuto/litro aplicado. Observa-se um caso de elevado valor de contaminação, cerca de 35 ml/min ou 1,3 ml/min/litro aplicado, mas com tempo de aplicação muito baixo; a maioria dos valores situou-se abaixo dos 0,2 ml/min/litro aplicado.

As Figuras 1.34 e 1.34 são similares àquelas mas para as aplicações em culturas arbóreas (olivais, vinhas e pomares de citrinos), mostrando valores sensivelmente da mesma ordem.

Obviamente, para trabalhos de curta duração, é improvável que os níveis elevados instantâneos da contaminação pudessem continuar a acumular-se sobre a superfície do equipamento de protecção dos operadores. Um factor para a capacidade de acumulação do equipamento, usado nas condições práticas, é apreciado adiante. Os resultados permitem a avaliação da rapidez com que o equipamento de protecção atinge o nível de saturação, na ausência de outras medidas para diminuir a exposição da contaminação potencial da calda.

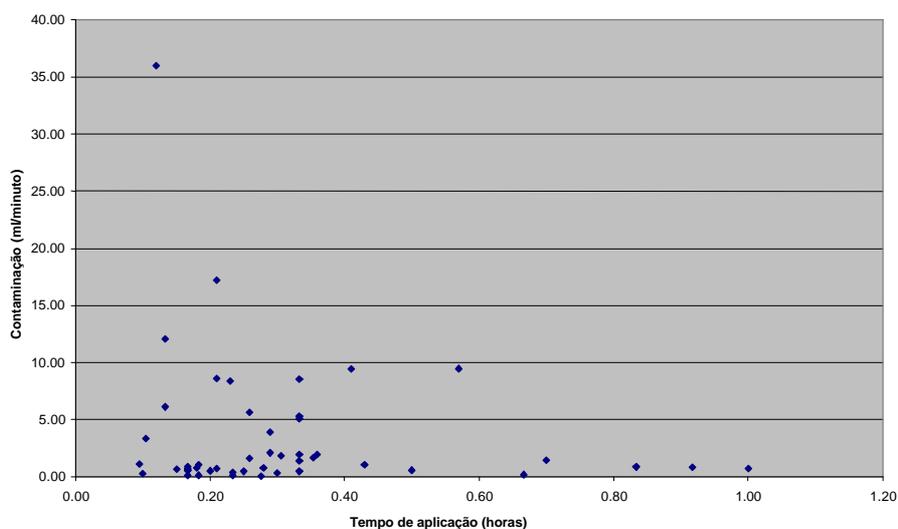


Fig. 1.31 – Contaminação com calda com corantes, expressa em ml/min aplicado, do fato do operador, em função do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica), nos ensaios em culturas hortícolas e ornamentais nas estufas, na totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

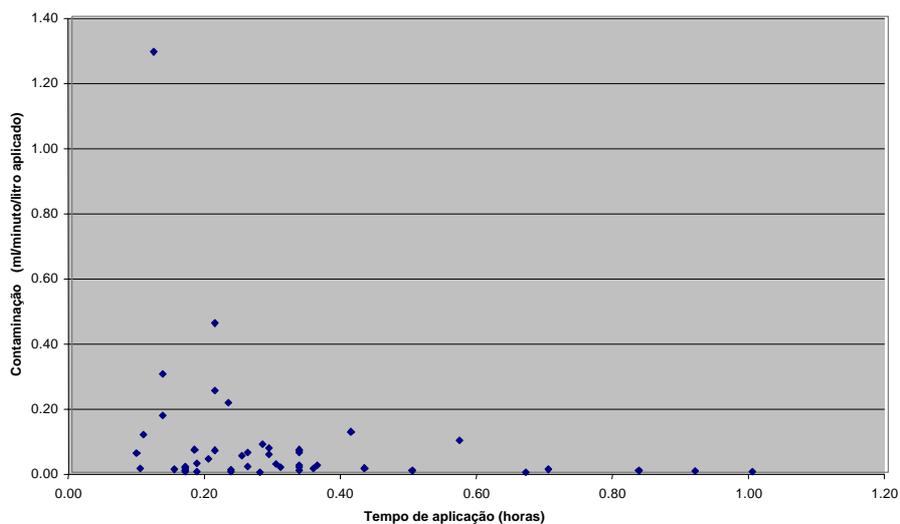


Fig. 1.32 – Contaminação com calda com corantes, expressa em ml/min/litro aplicado, do fato do operador em função do tempo de trabalho, nos ensaios em culturas hortícolas e ornamentais em estufa, na totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

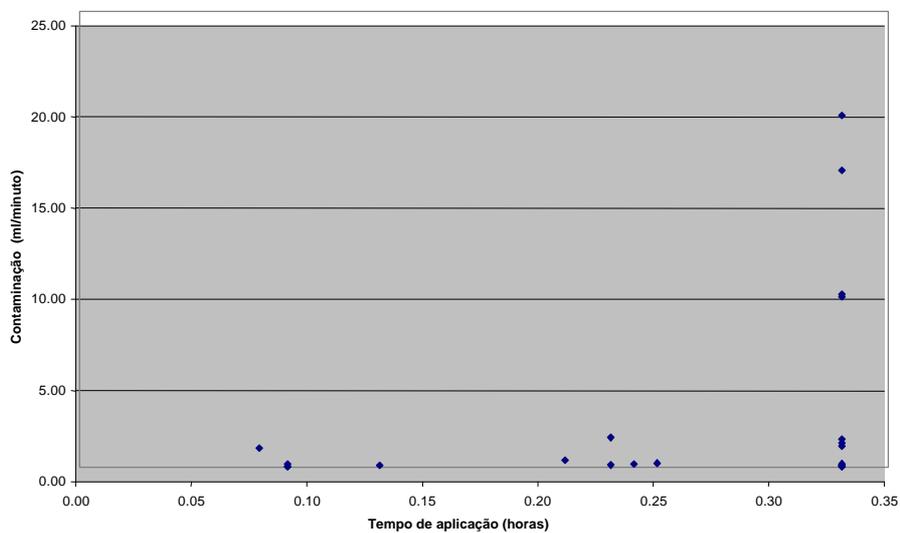


Fig. 1.33 – Contaminação com calda com corantes, expressa em ml/min, do fato do operador, em função do tempo de trabalho, nos ensaios em culturas ao ar livre, na totalidade dos países. (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

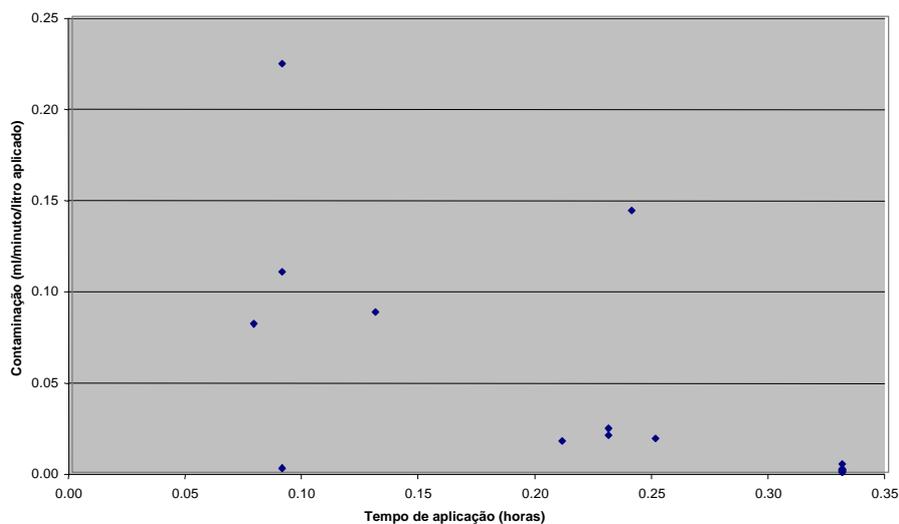


Fig. 1.34 – Contaminação com calda com corantes, expresso em ml/min/litro, do fato do operador, em proporção do volume aplicado, em função do tempo de trabalho, nos ensaios em culturas ao ar livre, na totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

1.3.3.2 – Ensaios com produtos fitofarmacêuticos

A Figura 1.35 mostra o nível de contaminação com produtos fitofarmacêuticos do equipamento de protecção do operador em proporção ao volume aplicado, nos ensaios em Portugal. Na Figura 1.36, apresenta-se o nível de contaminação em proporção ao tempo de trabalho, considerando os ensaios de todos os países. A contaminação em proporção do volume aplicado, mas em função do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica) para a totalidade dos países, é mostrada na Figura 1.36.

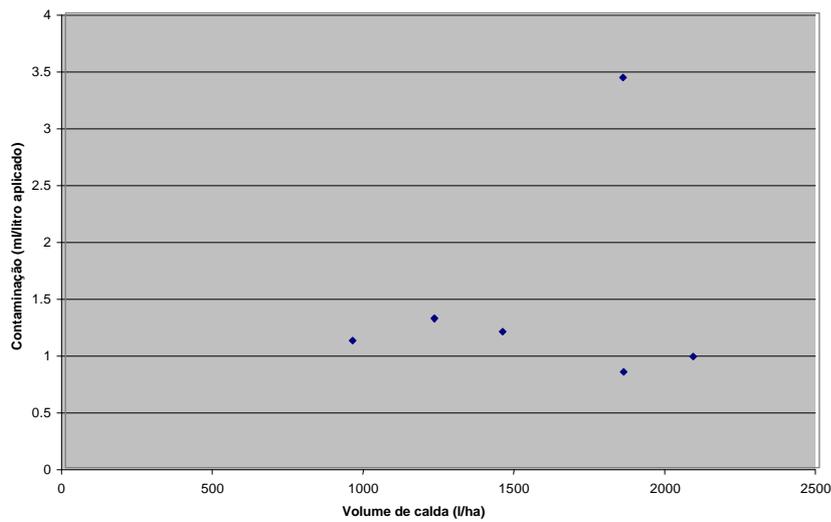


Fig. 1.35 – Contaminação com calda com pesticida do fato do operador, em proporção ao volume aplicado, nos ensaios em Portugal (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

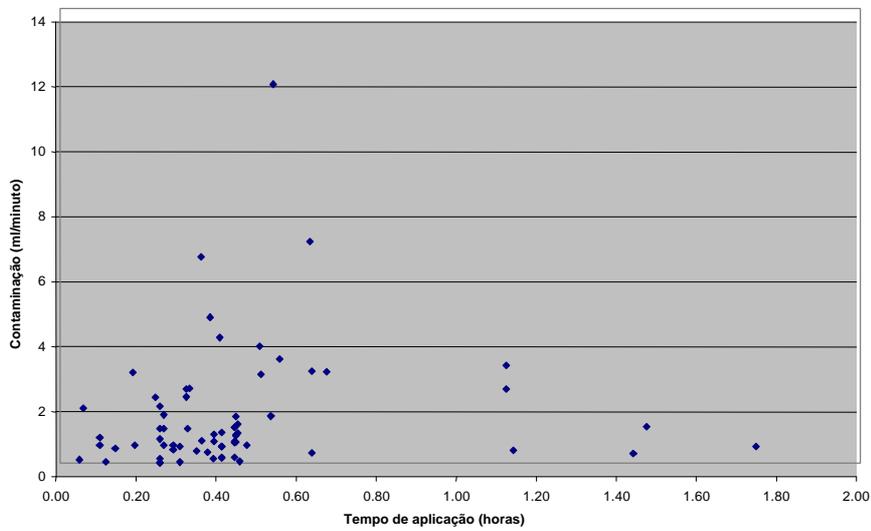


Fig. 1.36 – Contaminação com calda com pesticida do fato do operador, em proporção ao tempo de trabalho, nos ensaios da totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

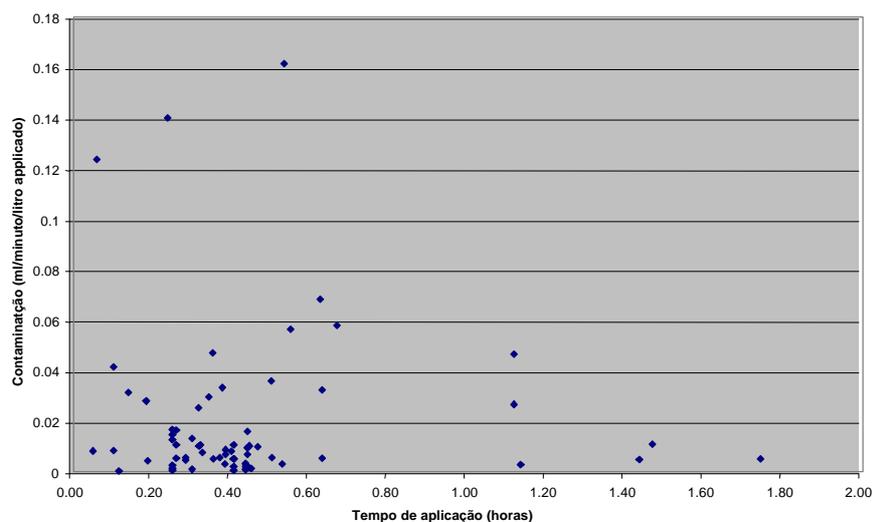


Fig. 1.37 – Contaminação com calda com pesticida do fato do operador, em proporção ao volume aplicado, em função do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica), nos ensaios da totalidade dos países (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

1.4 - DISCUSSÃO

1.4.1 – Exposição dérmica potencial do operador

As alterações introduzidas ao Protocolo da “Environment Protection Agency”, que se seguiu inicialmente, são algo controversas, havendo opinião que as medições efectuadas nas luvas de algodão, por baixo das de protecção, não correspondem a exposição dérmica potencial mas sim a exposição dérmica real, por se partir do princípio que as luvas de protecção são sempre usadas, o que, infelizmente, nem sempre ocorre. Aliás, durante os ensaios foi constatada a comodidade de utilização de luvas de algodão interiores às de protecção, mesmo que estas já sejam forradas.

Os estudos desenvolvidos para a avaliação da contaminação potencial mostraram serem os fatos de “Sontara” apropriados para as medições do líquido - corantes ou produtos fitofarmacêuticos -, por assegurarem que todo este líquido era retido, evitando valores subestimados devidos a perda por escorrimento. Além daquele fato absorvente, usou-se um outro fato protector do tipo “Tyvek” (Glass *et al.*, 1998).

Este aspecto é importante se se pretende uma medição real da exposição dérmica potencial, de acordo com o protocolo da OECD.

Contudo, estes dados devem ser interpretados cuidadosamente, para permitir, em base segura, o prognóstico do efeito de idênticos níveis da exposição actual, em virtude da eventual saturação e do escorrimento do líquido de contaminação, que

podem ocorrer durante longos períodos de trabalho, envolvendo um nível elevado de contaminação externa.

Em aplicações em estufas, a maior exposição, para as técnicas de aplicação estudadas, deve-se ao contacto do operador com a folhagem pulverizada.

A exposição dérmica potencial à calda da aplicação com pistola de pulverização, com volumes de calda relativamente elevados, de 1 134 a 4 625 l/ha, foi, como é facilmente compreensível, muito superior à verificada com atomizador, com o qual se aplicaram 375 a 520 litros de calda por hectare. Os valores do coeficiente de variação, como ocorreu em ensaios noutros países, foram muito elevados, especialmente com a pistola de pulverização, para o que podem ter contribuído as diferentes velocidades e sentido de deslocação dos operadores, além da variação das técnicas culturais.

A contaminação potencial por inalação, nos ensaios em estufas, foi de tal modo variável, que não é possível uma análise comparativa dos tipos de aplicação, mas os valores alcançados (Quadro 1.13), na sua maioria, chamam a atenção para a necessidade na utilização de adequado equipamento de protecção respiratória.

Para a medição da exposição, por inalação potencial, do *bystander*, durante a pulverização em estufas, colocaram-se bombas de amostragem colocadas nas janelas das estufas. A análise dos respectivos filtros, como descrito em 1.3.1.3, mostrou contaminações superiores ao limite mínimo detectável, realçando o risco da contaminação da exposição para os indivíduos ocasionalmente situados na proximidade das estufas.

Nos ensaios em pomares de citrinos com corantes, os valores do Quadro 1.7 permitem concluir que a aplicação em simultâneo de dois operadores com pistolas possa ser mais um factor de agravamento para a deposição de calda, devido a um dos operadores ser envolvido na nuvem da calda provocada pelo parceiro. O razoável comprimento das mangueiras e conseqüente afastamento das pistolas do tractor levam à redução da contaminação da tractorista, como é indicado na primeira linha naquele quadro.

Como evidencia o Quadro 1.8, verificou-se uma contaminação muito expressiva em aplicação com uma única barra vertical, das duas barras verticais disponíveis (como é comum utilizar em pulverizadores montados no tractor) para permitir a aplicação mais próxima da folhagem e minorar o efeito da irregularidade na velocidade e direcção do vento na qualidade da pulverização.

A elevada contaminação do tractorista (de cerca de 1 litro de calda por hora), com cerca de 400 ml/h depositados nas costas do respectivo EPI e cerca de 200 ml/h nos braços, 131 e 63,3 ml/h, respectivamente no braço esquerdo e direito (Fig. 1.19 e 1.20), além da deposição de calda nas restantes secções do EPI, foi muito influenciada pela intensidade do vento, claramente em condições impeditivas para a normal aplicação de produtos fitofarmacêuticos. Os dados confirmam que a pulverização é inaceitável com os valores da velocidade do vento verificados; em condições de movimento de ar dentro do intervalo entre 9,6 e 14,5 km/h como se refere em documento do MAFF (1985).

Nos ensaios com produtos fitofarmacêuticos, nas estufas (Quadro 1.17), os níveis de contaminação totais dos fatos de protecção são da ordem de grandeza dos verificados

nos ensaios com corantes indicadores (Quadro 1.5), confirmando o interesse e rigor na utilização destes últimos, de muito mais fácil análise laboratorial.

Em quase todos os ensaios em estufa, com corantes indicadores, a quantidade de calda depositada nas mãos foi muito inferior à que atingiu o corpo; todavia, nalguns ensaios, as mãos, atendendo à sua superfície, relativamente ao corpo, foram muito contaminadas, o que se pode dever a contacto accidental com a saída da calda, realçando a importância do uso de luvas apropriadas.

As contaminações médias totais e nas mãos, determinadas nos ensaios em pomares de citrinos, foram bastante elevadas, comparativamente às dos ensaios em estufas. Note-se, porém, que em quase todos os ensaios em estufa, com corantes indicadores, a quantidade de calda depositada nas mãos foi muito inferior à que atingiu o corpo.

Em dois dos sete ensaios, os valores, referentes ao corpo, foram superiores a 560 ml/hora, o que se deveu a uma velocidade do vento excepcionalmente elevada, não aconselhável para a aplicação, como já se referiu.

1.4.2 – Exposição dérmica potencial em diferentes regiões do corpo do operador

O nível de contaminação nas diferentes partes do corpo do operador é muito variável.

A quantidade de calda depositada no EPI do operador, na aplicação em alto volume, é drasticamente superior à resultante do uso do atomizador (Quadro 1.9). Parece que o fluxo de ar produzido pelo atomizador reduz o contacto entre o operador e a nuvem da calda formada.

Como se explanou no ponto 1.3.2, comparando as pistolas de pulverização (alto volume) com o atomizador, em estufas, para a mesma dose, o nível da exposição dérmica do produto fitofarmacêutico no alto volume corresponderá ao triplo da do baixo volume.

No que respeita aos ensaios em pomares, em condições de fraca intensidade do vento, salienta-se que foi muito variável o nível de contaminação nas diferentes partes do corpo do operador, mas francamente superior na aplicação manual, com as pistolas de pulverização, apesar da fraca intensidade do vento (Quadro 1.12).

A exposição do condutor do tractor sem cabine, na aplicação com turbina, é, no entanto, ainda bem significativa pelo que deve ser requerida a utilização de EPI apropriado.

E, em consequência, os resultados justificam, claramente, a recomendação do uso de tractor com cabine.

1.4.3 – Exposição dérmica potencial dos ajudantes e de indivíduos presentes nas imediações

Nos ensaios de pomares de citrinos em que se avaliou a exposição dérmica de pessoas próximas do local de aplicação, a média obtida de recuperação do corante

utilizado foi $102\% \pm 0,02$ para o papel de celulose alfa e $101\% \pm 0,01$ para os fios de polietileno.

Os resultados anteriormente apresentados dos ensaios em estufas, para a verificação da exposição potencial do ajudante de operador, realçam os riscos de contaminação com as técnicas mais utilizadas; mas, mesmo com equipamentos mais sofisticados, montados em carris, com comando remoto (Figura 1.23), o operador não está isento de riscos, particularmente no trabalho de enrolamento da tubagem.

Note-se que, de modo diferente ao que ocorre nas estufas, nas aplicações de produtos fitofarmacêuticos nos pomares não é tão frequente a utilização de ajudantes de operador, pois este circula ao lado do tractor como se mostra na Figura 1.26. Por outro lado, a utilização das pistolas de pulverização está em diminuição em favor do uso das turbinas. Todavia, as pistolas têm ainda expressão em pequenos pomares e em tratamentos localizados.

Assim, os resultados aconselham a que o pessoal ajudante utilize adequado EPI.

Quanto a indivíduos presentes eventualmente nas imediações das aplicações de produtos fitofarmacêuticos, os ensaios não mostraram uma clara correlação entre a exposição dérmica potencial desses indivíduos e os valores da calda arrastada.

1.4.4 – Apreciação global da avaliação da exposição dérmica potencial do operador em países mediterrânicos

Os resultados dos níveis de contaminação, no conjunto dos ensaios realizados nos vários países com corantes, em proporção do volume de calda aplicada, mostraram uma dispersão considerável.

Na análise do conjunto dos ensaios, em função do tempo de aplicação, foi frequente a contaminação manter-se abaixo de 2 ml/minuto.

Não é aparente qualquer tendência entre os tempos de aplicação e a taxa de contaminação, embora pareça haver uma maior variação nos valores relativos a ensaios de curta duração (<0.4 horas), o que se pode dever ao maior número destes ensaios de campo.

Também relativamente ao nível da contaminação no equipamento de protecção, em proporção do tempo de trabalho (tempo de amostragem dérmica), há uma clara tendência para a variação, maior nos estudos efectuados com os menores tempos de trabalho. É possível dar a explicação para esta variação, com base em práticas de trabalho menos metódicas feitas numa maior gama de estruturas de culturas nas aplicações menos demoradas, levando à diminuição de cuidados para evitar a contaminação dos operadores envolvidos relativamente à eficiência alcançada nos casos de tempo de trabalho mais longos.

Os resultados de estudos em pomares (Quadro 1.17) revelaram que não é fácil deduzir a influência do volume de calda na contaminação, apresentando-se volumes de calda aplicada com cerca de 950 a 2 100 l/ha, a que corresponderam concentrações de 0,4 a 0,7 g de s.a/litro. Os valores de exposição do operador de cerca de 700 e 200 ml/h, respectivamente, para os volumes de calda de 1 450 a 1 850

l/ha, podem explicar-se pelas diferenças de deslocação do operador, pois ambos os ensaios foram realizados em condições culturais idênticas, mas o operador, sempre o mesmo, no segundo ensaio deslocou-se para trás.

Do mesmo modo que nos ensaios com corantes, observou-se uma grande variação nos resultados, mas os níveis de contaminação com os produtos fitofarmacêuticos, no conjunto dos países, medidos em mililitros por litro de calda aplicada *versus* volume aplicado, são comparáveis aos observados nos estudos com corantes.

Os resultados dos ensaios relatados, como evidenciaram Glass *et al.* (2001a), mostram claramente como factores influentes na exposição do operador:

- altura das plantas cultivadas e espaçamento das entrelinhas;
- material de aplicação;
- técnica da aplicação e volume da calda;
- duração da aplicação;
- tipo de formulação do pesticida;
- temperatura e humidade relativa do ar;
- EPI.

A altura e a densidade da cultura são importantes factores influentes no nível de exposição do operador. Como é bem conhecido, as plantas das culturas nos espaços confinados das estufas, atingem frequentemente alturas superiores a 2 metros, com distância entre linhas de plantação de cerca de um metro, provocando um contacto constante do operador com folhagem pulverizada. Por outro lado, aquela altura das plantas obriga o operador a levantar o bico de pulverização (Figura 1.38). Nas condições das estufas, nem sempre é prático usar uma lança comprida, como nalguns pomares, aumentando, em consequência, a probabilidade de contacto do operador com a calda pulverizada.



Figura 1.38 – Pulverização em estufa, com lança curta, virada para cima

A cultura foi identificada como a principal fonte de contaminação, durante a pulverização hidráulica em alto volume, em culturas de estufa.

A distância das entrelinhas das culturas é, também, um factor importante. Em séries de ensaios realizados nas estufas de Almeria, em Espanha, com espaçamentos de um metro e superiores, verificaram-se valores médios de contaminação do vestuário semelhantes, mas os valores individuais foram mais elevados nas culturas com entrelinhas de um metro (Glass *et al.*, 2002).

No alto volume, a diferentes técnicas de aplicação corresponderam valores de contaminações bastante distintos. O tamanho da lança de pulverização e a velocidade do operador condicionam a exposição. Também o modo como o operador aplica o produto é importante. Em estufas, alguns operadores preferem caminhar de costas, através da cultura, para evitar o contacto com folhagem pulverizada.

Os dados para a pulverização por pressão hidráulica, técnica de pulverização habitual no alto volume (Quadro 1.17), realçam a importância do sentido de deslocação na contaminação do operador, que, para iguais condições culturais, foi significativamente menor quando o operador se deslocou recuando.

A influência do equipamento está bem patente no estudo do grau de exposição, em culturas em espaços confinados, com atomizador e pistolas de pulverização. Nos resultados (Quadro 1.9), reconhece-se facilmente a maior contaminação para a última técnica indicada.

Na aplicação em pomares, em Tavira (Quadro 1.12), confrontando o utilizador das pistolas de pulverização com o operador da turbina rebocada pelo tractor, é perfeitamente notória a maior contaminação potencial do primeiro, para as condições culturais e atmosféricas indicadas.

A influência do vento está bem perceptível nas medições da contaminação do operador, em pulverizações efectuadas com velocidade de vento elevada (4,4-14 km/h) (Quadro 1.6), que atingiu cerca de 560 ml/h, comparativamente a outros valores de exposição verificados em estudos com mesmo operador e semelhantes técnicas de pulverização e condições de culturais, apenas com menores intensidade de vento.

PARTE II

**EFICÁCIA DE EQUIPAMENTO DE PROTECÇÃO
INDIVIDUAL NA PREVENÇÃO DA
CONTAMINAÇÃO DO OPERADOR DE
MATERIAL DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOFARMACÊUTICOS**

**J.F. Moreira¹, C.R. Glass², J. Mathers²,
D. Sykes², R. Lewis², P. Delgado³ &
E. Cohen³**

¹ Direcção-Geral de Protecção das Culturas, Oeiras, Portugal

² Central Science Laboratory, Sand Hutton, York, Reino Unido

³ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Sevilha, Espanha

II - EFICÁCIA DE EQUIPAMENTO DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL NA PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO OPERADOR DE MATERIAL DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOFARMACÊUTICOS

2.1 – INTRODUÇÃO

A informação recolhida nos países do Sul da Europa mostrou bem que, nas aplicações de produtos fitofarmacêuticos, poucos operadores usam equipamento de protecção individual (EPI) certificado para produtos químicos e, em especial, para aquele tipo de produtos, luvas e fatos, como sejam os dos Tipos 4 e 6 que, salvo indicação contrária, são apropriados para níveis baixos de contaminação por produtos químicos líquidos (Moreira, 2001).

Como se salientou na primeira parte, os trabalhadores agrícolas, nos países do Sul da Europa, como nos do Norte de África, têm de aplicar produtos fitofarmacêuticos, em estufas e em pomares, em que, principalmente naquelas, enfrentam com frequência temperaturas da ordem de 40 °C e humidade do ar superiores a 80%. Além disto, os métodos de aplicação manuais, usados frequentemente, imprimem elevado nível de contaminação do vestuário que pode ser expresso como o índice de deposição do líquido que, nestes casos, pode atingir valores de 100 a 200 ml/hora. Uma outra avaliação da contaminação pela calda é a exposição dérmica potencial, ou seja, a quantidade de produto que atinge o equipamento do operador e tem o potencial para atingir a pele por penetração da roupa usada.

É, pois, compreensível que, quando os operadores daqueles países têm a preocupação de usar roupa de protecção, tendam para a escolha de fatos de algodão ou de algodão e poliéster para os quais não havia informação, sobre a sua permeabilidade ou repelência à calda de produtos fitofarmacêuticos. A realização do projecto “The assessment of operator, bystander and environmental exposure to pesticides” procurou avaliar a exposição do operador e acompanhantes e a contaminação ambiental, nas condições de países mediterrânicos.

Assim, houve interesse em integrar no referido projecto diversos estudos sobre a eficácia dos fatos de algodão e misturas com poliéster, de diferentes proveniências, em ensaios de laboratório.

Por sugestão da equipa portuguesa, complementou-se a informação dos ensaios laboratoriais, com uma avaliação da penetração dos fatos em condições práticas.

Os resultados destes ensaios, de laboratório e de campo, são seguidamente resumidos.

2.2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 – Ensaios de laboratório

Realizaram-se ensaios de laboratório com fatos provenientes de vários países mediterrânicos, para a avaliação da penetração do EPI para igual contaminação de calda por unidade de tempo, tendo-se efectuado as análises dos produtos fitofarmacêuticos em dois Laboratórios acreditados, Central Science Laboratory (CSL) de Sand Hutton, no Reino Unido e Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Sevilha (INSHT), em Espanha.

Uma gama de equipamentos de protecção de algodão ou misturas com poliéster foi estudada, seguindo o método do “light spray test”, incluído na última versão do método para a avaliação dos equipamentos Tipo 6 (prEN13034:1997, cláusula 6.2). Este método é baseado na Norma europeia NE 468 (BSI, 1995) e é essencialmente um ensaio menos rigoroso, mas mais apropriado para EPI que ofereça menos protecção para os utilizadores contra a penetração e permeabilidade por líquidos.

O desenvolvimento de métodos alternativos proporcionaria dados úteis para o CEN, mas na ausência de métodos largamente aceites, foram seleccionados os métodos CEN e NEpr para avaliar os equipamentos escolhidos. Relativamente ao que está estabelecido nestas normas, foram introduzidas algumas modificações, como a altura dos bicos e a tensão superficial do líquido pulverizado, para se alcançar uma distribuição mais representativa do líquido utilizado no material de aplicação, e para uma melhor adaptação às condições dos países europeus meridionais, cujos resultados foram submetidos à apreciação do comité BSI (Glass *et al.*, 2002, Apêndice V.b). Relembra-se que, para o efeito da aplicação das NE 463 e NE 468, não havia dados sobre fatos de algodão ou da sua mistura com poliéster. Embora tão usados nos países do Sul, não eram geralmente considerados equipamento protector para substâncias químicas.

Os fatos foram adquiridos no comércio local de diferentes países e enviados para o CSL e, também, para o INHST, para serem testados.

Na Figura 2.1 mostra-se dispositivo com tómbola giratória usado nos ensaios de permeabilidade de EPI (NE 468), nos laboratórios do CSL e do INSHT.

Os fatos de algodão e de misturas com poliésteres, indicados no Quadro 1.1, foram testados antes e depois de lavagem, efectuada pelas empresas fornecedoras, de acordo com o método “European Standard”. Outros materiais usados foram “Tyvek” e polipropileno.

A norma NE 468 estipula que, após cada ensaio, a área da coloração no equipamento indicador deve ser medida e referida ao tamanho calibrado da área manchada no fato indicador (BSI, 1995), em resultado da pipetagem de 0,1 ml da solução usada.

O trabalho de validação foi feito com os volumes de líquido de 0,1 ml, 0,5 ml e 1,0 ml, para determinar a quantidade de líquido que penetrava no fato, durante os ensaios laboratoriais e de campo.



Fig. 2.1 – Dispositivo com tmbola giratória para os estudos de permeabilidade de EPI, nos laboratórios do CSL (A) do INSHT (B)

De acordo com o método normalizado da NE 368 (BSI, 1993), ensaios de laboratório foram feitos para determinar a penetração do material com uma formulação do produto fitofarmacêutico com base em malatio, diluído em água, de modo a obter uma concentração semelhante  usada nas aplicações de campo para a determinação da penetração do material pela substância activa e da retenção dessa substância no material de protecção. O malatio foi extraído com metanol e analisado por cromatografia gasosa.

2.2.2. Ensaios de campo

Ensaio de campo foram, também, realizados, em 2000, no Patao (Algarve), Figura 2.2, envolvendo operadores voluntários, usando os fatos de vários tipos e um fato de material absorvente por baixo, no qual, após a aplicação de caldas com corante, foi quantificado o corante, em laboratório, com a mesma metodologia dos ensaios com produtos fitofarmacêuticos, de forma a averiguar o grau de penetração no EPI em estudo.

O estudo da penetração no fato de protecção foi realizado com pulverizações de calda em condições idênticas às dos ensaios respeitantes  exposição dérmica potencial, apresentados no Capítulo 1.2. Além da contaminação do fato ensaiado, foi determinada a quantidade de calda no fato utilizado internamente, permitindo averiguar a penetração do EPI em apreciação.



Fig. 2.2 – Ensaio de campo de EPI no Patacão. Efeito da penetração do corante azulado (A) e do alaranjado (B), através dos fatos estudados

2.3. – RESULTADOS

2.3.1 – Ensaio de laboratório

Os valores absolutos de depósito nos fatos, ao fim de um minuto, tempo estipulado para os ensaios na norma prNE 13034 (Quadro 2.1), foram semelhantes aos níveis de depósito, por hora, observados nas condições dos ensaios de campo nas culturas em estufas, ou seja, aproximadamente 60 ml.

Quadro 2.1 – Deposição do líquido teste nos fatos, determinada pelas NE 468 e prNE 13034

Repetições	Volume depositado nos fatos (ml/min)	
	NE 468	PrNE 13034
1	382	79
2	414	65
3	422	59
4	421	/
5	495	/
6	476	/
7	425	/
Média	434.6	67
CV %	10	15

Quadro 2.2 – Volume do líquido (ml) do teste penetrando uma gama de equipamento disponível pelos produtores no Sul da Europa – Método NE 468 (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Equipamento de protecção	Volume penetrado (ml)			Média (ml)	CV %	Penetração %
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
<i>Algodão/poliéster espanhol (não lavado)</i>	88,0	110,3	95,7	98,0	12	23
<i>Algodão/poliéster espanhol (lavado)</i>	89,5	77,8	111,0	92,8	18	21
<i>Algodão/poliéster italiano (não lavado)</i>	71,8	63,3	56,5	64,0	12	15
<i>Algodão/poliéster italiano (lavado)</i>	153,8	195,6	159,3	169,6	13	39
<i>“Hamra” clássico finlandês (não lavado)</i>	106,0	167,2	47,3	106,8	56	25
<i>“Hamra” clássico finlandês (lavado)</i>	97,5	90,3	96,3	94,7	4	22
<i>Algodão grego (não lavado)</i>	50,2	44,0	58,1	50,8	14	12
<i>Algodão grego (lavado)</i>	165,0	185,5	87,2	145,2	35	33
<i>“Tyvek Pro-Tech” (não lavado)</i>	18,8	16,7	25,0	20,0	22	5

CV – coeficiente de variação

Os resultados, apresentados no Quadro 2.2, referentes aos ensaios de comportamento do equipamento, efectuados de acordo com as Normas europeias, nos laboratórios CSL e INSHT, são muito variados, alguns dos quais com coeficientes de variação elevados, o que pode ser explicado por diferenças de fabrico, tais como o estado das costuras ou do fecho frontal (zíperes ou botões). Os valores apresentados não são repetições de ensaios com o mesmo fato, mas de três fatos separados do mesmo material e modelo.

Encontrou-se correlação entre o volume aplicado e o diâmetro da mancha corada ($r^2 = 0.93363$), mancha que se considera mais do que adequada atendendo a que o material dos fatos indicadores usados não era uniforme.

Os valores das determinações do volume de penetração nos equipamentos, do líquido testado, para a validação da metodologia, indicados no Quadro 2.3, mostram que o tamanho da mancha colorida está correlacionado com o volume da solução utilizado (Figura 2.3).

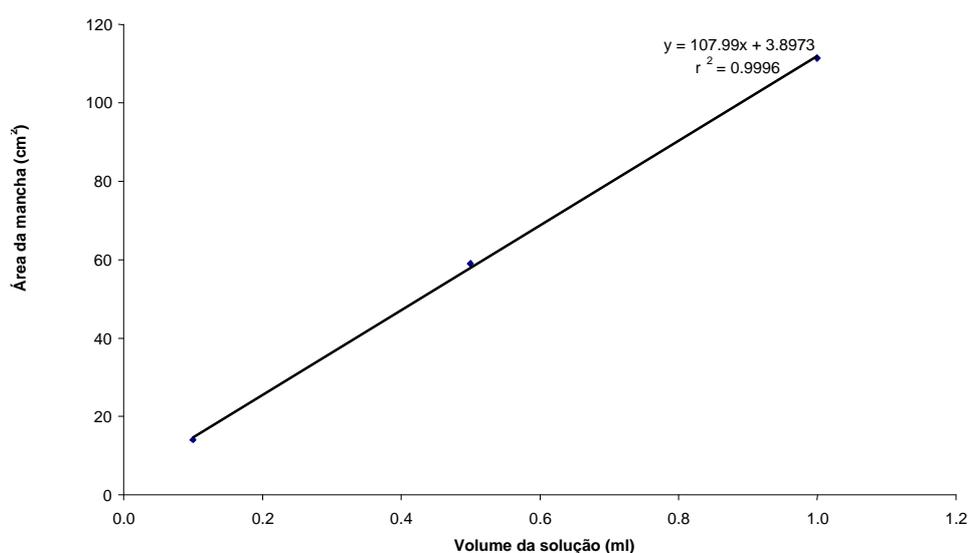


Fig. 2.3 – Relação entre o volume da solução indicadora e área da mancha colorida no equipamento indicador (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Quadro 2.3 – Relação entre o volume da solução teste e a área da mancha colorida no equipamento indicador, de acordo com a NE 468 e a prNE 13034 (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Volume da solução teste (ml)	Área da mancha (cm ²)	
	Média	CV%
0,1	14	1
0,1	14	4
0,5	60	1
0,5	58	1
1,0	113	0,3
1,0	110	1

O material de algodão e poliéster, lavado e não lavado, foi testado de acordo com o “gutter test” (método de teste CNE - NE 368) usando 0,1% (m/V) de malatião, cujos resultados são mostrados no Quadro 2.4. Com base na medição das massas aplicadas, repelidas, absorvidas e penetradas indicam-se as percentagens de penetração e de repelência.

O efeito da lavagem na penetração da solução foi notável, pois a percentagem média de penetração foi, respectivamente, de 12 e 49 para o material não lavado e após a lavagem.

Quadro 2.4 – Resultados médios da aplicação da NE 368 com material de 0,024 g/cm², usando malatião 0,1% (m/V) (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Material	Lavagem	Produto aplicado (g/cm ²)	Penetração (%)	CV (%)	Repelência (%)	CV (%)
algodão e poliéster (35%/65%)	Não	8,91	12	23	80	5
algodão e poliéster (35%/65%)	Sim	8,37	49	8	1,5	22

Efectuaram-se, também, ensaios com fatos de diferente origem, cujas características, particularmente o seu peso, no entanto, são similares como se indica no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Peso de fábrica do EPI usado nos ensaios e respectivas médias referentes aos diferentes países (Adaptado de Glass et al., 2002)

Origem dos fatos	Peso de fábrica (g/cm ²)	Média (g cm ²)
Itália	0,0275	
Itália	0,0267	0,027
Itália	0,0264	
Espanha e Portugal	0,0274	
Espanha e Portugal	0,0266	0,027
Espanha e Portugal	0,0273	
Grécia	0,0227	
Grécia	0,0223	0,022
Grécia	0,0224	
Finlândia	0,0249	
Finlândia	0,0247	0,025
Finlândia	0,0252	

Os resultados dos ensaios com estes fatos, com calda de malatião, estão reunidos no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Resultados médios da aplicação da NE 368 com diferente material usando malatião 0,1% (m/V) (Adaptado de Glass et al., 2002)

Material	Origem dos fatos	Lavagem	Produto aplicado (g)	Penetração (%)	CV (%)	Repelência (%)	CV (%)
Algodão e poliéster (65%/35%)	Espanha	Não	9,89	7,5	20	77,6	4
Algodão e poliéster (65%/35%)	Espanha	Sim	9,92	30,8	15	2,5	16
Algodão e poliéster (65%/35%)	Itália	Não	9,34	10,0	2	80,1	1
Algodão e poliéster (65%/35%)	Finlândia	Sim	8,78	36,9	0,2	2,0	55
Algodão (100%)	Grécia	Sim	9,17	3	13	90	2

Os resultados evidenciam a influência da lavagem dos fatos na sua penetração pelos pesticidas. Nos casos apresentados, a lavagem aumentou a penetração, possivelmente por alterações sensíveis na camada de protecção, mas, naturalmente, a lavagem dos fatos é necessária após a sua repetida utilização.

2.3.2 – Ensaio de campo

2.3.2.1 – Penetração do produto em vários EPI

Resultados de ensaios de campo realizados no Patacão, com diversos tipos de fato, são mostrados no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Volume do líquido no teste de penetração duma variedade de fatos, em ensaios de campo, em Portugal (Adaptado de Glass *et al.*, 2001)

Tipo de fato	Tempo de aplicação (horas)	Total do líquido depositado no equipamento indicador (ml)	Penetração no fato interior %
<i>Algodão branco ET</i>	0,53	84	6
<i>Algodão branco ET</i>	0,19	14	3
<i>Algodão branco ET</i>	0,31	69	0
<i>Algodão azul (Textulan)</i>	0,46	393	24
<i>Algodão verde (Bayer)</i>	0,63	52	2
<i>Tyvek branco (Indutex)</i>	0,28	143	29
<i>Kappler branco (Proshield 2)</i>	0,31	253	7

2.3.2.2 – Penetração da calda em diferentes secções do fato de algodão

A contaminação do equipamento de protecção não é uniforme, pelo que se procurou conhecer as zonas do corpo com maior risco, por medições efectuadas nas diferentes partes do fato consideradas, em aplicação de caldas com um corante, em condições de campo.

Num ensaio para estudo da permeabilidade do EPI, com aplicação efectuada a alto volume (cerca de 1500 l/ha) com uma lança manual e bicos ajustáveis com a pressão de 8 bar, durante 25 minutos, a concentração do corante (“Sunset Yellow”) no depósito era de 2,4 g/l. A aplicação ocorreu imediatamente após a colheita final de tomate em estufa, no Oeste, com as plantas, num compasso de 110 x 30 cm, atingindo 2 a 2,1 m de altura.

O operador vestia fato de algodão, com o vestuário subjacente do tipo “Tyvek”, para recolha do corante, e usava luvas de algodão por baixo de outras em neoprene. Os níveis totais de contaminação foram de 227 ml e 4 ml, respectivamente, nos fatos de algodão (Quadro 2.8) e de “Tyvek” (Quadro 2.9), tendo atingido nas luvas de algodão somente 0,4 ml.

Quadro 2.8 – Extracção do corante “Sunset Yellow” do fato de algodão (vestuário exterior) do operador em aplicações em alto volume, em estufa (Extraído de Moreira *et al.*, 1999a)

<i>Secção do corpo</i>	<i>Massa do corante (mg)</i>	<i>Volume da calda (ml)</i>
Cabeça/pescoço	-	-
Braço esquerdo	87,0	36,5
Braço direito	20,3	8,5
Peito	47,6	20,0
Costas	9,7	4,1
Coxas/cintura (frente)	143,5	60,2
Coxas/cintura (detrás)	21,9	9,2
Perna esquerda	118,7	46,4
Perna direita	101,5	42,6
Total	542,2	227,5

Quadro 2.9 – Extracção do corante “Sunset Yellow” do fato “Tyvek”, usado por dentro do de algodão, do operador em aplicações em alto volume, em estufa (Extraído de Moreira *et al.*, 1999a)

<i>Secção do corpo</i>	<i>Massa do corante (mg)</i>	<i>Volume da calda (ml)</i>
Cabeça/pescoço *	7,61	3,10
Braço esquerdo	0,44	0,19
Braço direito	0,87	0,36
Peito	9,21	0,09
Costas	0,30	0,13
Coxas/cintura (frente)	0,46	0,19
Coxas/cintura (detrás)	0,10	0,04
Perna esquerda	0,33	0,14
Perna direita	0,19	0,08
Total	10,51	4,41

* Valores não correspondentes a penetração real, por falta de cobertura do pescoço e da cabeça pelo fato de algodão

Noutro estudo sobre a contaminação em diferentes partes do corpo (Quadro 2.10), o maior nível de penetração (4,3%) foi observado na área do braço direito que segurava a lança de pulverização, como se observa na Figura 2.4, seguida das costas (3,1%); para todas as outras regiões do corpo, a penetração oscilou entre 0,2% e 0,5%. Neste estudo não se encontrou correlação entre a quantidade dos depósitos e a taxas de penetração, para o que terão contribuído vários factores como a seguir se indica.



Fig. 2.4 – Aplicação de calda com corante em estufa de tomateiro para estudo de penetração do EPI



Fig. 2.5 – Abertura da manga do fato



Fig. 2.6 – Luvas de algodão e de neoprene

Quadro 2.10 – Penetração do corante através do fato de algodão do operador em aplicações em alto volume, em estufas (Adaptado de Moreira *et al.*, 1999a)

<i>Secção do corpo</i>	<i>Penetração (%)</i>
Braço esquerdo	0,5
Braço direito*	4,3
Peito	0,4
Costas	3,1
Coxas/cintura (frente)	0,3
Coxas/cintura (detrás)	0,5
Perna esquerda	0,3
Perna direita	0,2

* Braço de manuseamento da lança

Com excepção das secções correspondentes ao braço direito, que manuseava a lança, e às costas, a penetração é baixa e muito semelhante. Não havendo capuz, os valores de corante no fato testemunha “Tyvek” respeitantes à cabeça e pescoço não são evidentemente relacionados com a penetração através do algodão. Também a penetração nas costas resultou do fato de algodão não cobrir parte do pescoço, pelo que a sua contaminação se deveu, além da penetração, a exposição directa.

Para os valores mais elevados da penetração do braço direito contribuíram, certamente, os seus movimentos, mas não se exclui a exposição devida a abertura da manga do fato de algodão, bem visível na Figura 2.5, pelo que se experimentou, com eficácia, o uso de elásticos nas mangas.

As luvas de neoprene (Figura 2.6) usadas encontravam-se em bom estado de conservação e eram adequadas para os produtos químicos, pelo que não deve ter sido a penetração através delas a causa da contaminação nas luvas interiores de algodão; aliás, a contaminação foi reduzida, aproximadamente de 0,4 ml, e deve ter sido devida a contacto directo de líquido por mau ajustamento da manga.

Os fatos em algodão mostraram, pois, razoável eficácia para prevenir a penetração da calda para determinados níveis de contaminação. Efectivamente, nas aplicações efectuadas na estufa no Oeste, com calda com corante (Moreira *et al.*, 1999a), as medições da quantidade do corante no fato de algodão (Quadro 2.8) e no fato usado interiormente (Quadro 2.9), mostraram que o fato de algodão reteve elevadas quantidades do produto, como se evidencia nos baixos valores da percentagem de penetração, indicados no quadro 2.10, revelando, assim, valores baixos no fato interior.

2.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

2.4.1 – Ensaio de laboratório

Para o teste ser considerado válido, deve haver uma boa correlação entre o volume do líquido pipetado no equipamento indicador (“Sontara” branco) e a área da mancha que tingiu o fato (i.e., r^2 com valor igual ou superior a 0,9). Os valores de r^2 encontrados foram bem superiores a este demonstrando a validade dos ensaios.

O nível de contaminação do EPI é um dos factores que determina a eficácia do equipamento de protecção individual usado durante a aplicação dos pesticidas.

Num cenário ideal, o nível de contaminação deveria ser um factor a ter em conta na selecção do EPI. Em certos trabalhos, envolvendo técnicas de aplicação manuais, poderia ser vantajoso o uso de fatos impermeáveis (p. ex., fatos marcados como do Tipo 3 da CE). Contudo, nas condições climáticas no Sul da Europa, com temperatura e humidade relativa do ar elevadas, tal equipamento é praticamente insuportável, havendo tendência para a escolha de fatos confeccionados com material permeável, como o algodão ou misturas de algodão com poliéster. A penetração destes materiais, como se descreveu, foi avaliada em estudos laboratoriais e de campo para determinar os níveis típicos de penetração, devido à qual a exposição dérmica potencial conduz à exposição dérmica.

Como já Glass *et al.* (2001) haviam evidenciado, a avaliação do EPI é complexa, pois vários factores influem na penetração dos produtos químicos, para além da natureza do próprio equipamento. Um dos factores variáveis mais importantes é o volume de calda contaminando o vestuário, o qual é equivalente à exposição dérmica potencial. Esta representa a eficiência dos fatos, e o nível que o líquido é nele depositado joga um papel decisivo na proporção da calda que penetra no vestuário interior ou na pele do operador. No caso de valores de exposição dérmica potencial relativamente baixos, um fato protector de material absorvente como o algodão pode reter a calda nele depositada. Se a quantidade de contaminação aumenta, a capacidade do algodão para evitar a penetração é evidentemente reduzida.

Para além da qualidade dos fatos, como se documentou noutro trabalho (Glass *et al.*, 2001), a eficácia do EPI, durante a utilização, varia com diversos factores, especialmente os seguintes: nível de contaminação; movimento do operador; contacto com a cultura durante a aplicação.

Apesar da grande influência da cultura e das técnicas de pulverização na contaminação do operador de aplicação de produtos fitofarmacêuticos, é fundamental a utilização de adequado EPI, para protecção do operador.

Todavia, lembra-se que, além da selecção do EPI adequado, são cruciais as suas correctas conservação e utilização. Os cuidados ao serem vestidos ou despidos os EPI (luvas e fato) são importantes pois, evidentemente, os EPI molhados são fonte de contaminação. Embora a limpeza frequente do EPI seja essencial, chama-se a

atenção para a necessidade da sua substituição periódica, devido a alteração de características, como seja da camada protectora que se danifica gradualmente.

Todavia, a lavagem pode provocar alterações sensíveis na qualidade dos fatos, sobretudo nos que tenham alguma camada de protecção. De facto, as camadas protectoras de alguns fatos de algodão e poliéster ficam mais absorventes com a lavagem, diminuindo a capacidade de impermeabilização aos produtos fitofarmacêuticos, como se evidenciou nos ensaios relatados por Glass *et al.* (2000). Nos ensaios de laboratório, os fatos de algodão e poliéster lavados, mostraram uma maior percentagem de penetração do líquido do que os não lavados.

Contudo, como acima se referiu, a lavagem dos fatos é essencial quando começam a ficar impregnados pelos produtos fitofarmacêuticos. Nunca é demais a insistência da importância da lavagem frequente dos fatos, que fiquem impregnados de produtos fitofarmacêuticos, para readquirirem a capacidade de retenção dos produtos.

2.4.2 – Ensaios de campo

Com os resultados obtidos, atendendo ao número limitado de ensaios, são difíceis conclusões absolutamente sólidas. Contudo, evidenciou-se, no ensaio de campo realizado, uma maior penetração do corante no fato de “Tyvek”, havendo menor tendência de passagem nos fatos de algodão (até aos 6%, mas com um caso de 24%) (Quadro 2.7).

Os ensaios laboratoriais, embora em condições artificiais, têm a vantagem de permitir uma melhor comparação da penetração nos vários equipamentos, com a igual contaminação de calda por unidade de tempo em condições bem controladas. Nos ensaios de campo, em condições mais realistas, os diferentes operadores e, eventualmente, várias condições ambientais e culturais imprimem distintos valores de exposição à calda e, em consequência, de penetração da calda, o que dificulta a interpretação dos resultados, ou seja a atribuição da eficácia dos vários fatos ensaiados.

Contudo, pode-se apreciar no Quadro 2.7 que, em condições de reduzida exposição à calda, a penetração através do EPI foi nula ou diminuta, mesmo com os fatos de algodão escolhidos, que se mostraram apropriados para níveis de exposição baixos, ou seja, é possível encontrar fatos de algodão de constituição adequada; não há, pois, absoluta necessidade de utilização de fatos mais impermeáveis, mas de menor comodidade de uso, em condições de temperatura e humidade relativa altas.

Os valores maiores de penetração encontrados foram da ordem de 30% com o fato “Tyvek branco” com depósito no equipamento exterior relativamente elevado (143 ml). Convém esclarecer que para aplicação de produtos fitofarmacêuticos são geralmente recomendados, pelas NE 463 ou NE 468, fatos dos tipos 4 ou 6, o que não acontece com este fato.

A penetração do fato de algodão azul, embora ligeiramente inferior (24%) e para um depósito muito superior (393 ml), pode considerar-se ainda relevante. Contrariamente, a do fato “Kappler branco”, classificado como daqueles tipos, foi bastante baixa (7%) para um depósito de cerca de 250 ml.

É importante evitar a contaminação pela calda por aberturas do fato, como pelas mangas, devendo-se reforçá-las com elásticos ou outros atilhos; também no pescoço uma boa protecção com capuz apropriado é essencial.

Os ensaios realizados no Patacão e no Oeste evidenciaram a necessidade do capuz e de adequado aperto no EPI, para a desejada eficiência. Note-se que o aperto do capuz com elásticos tapava periodicamente a vista do operador; o fecho do capuz por atilhos aumentou o conforto do utilizador e a funcionalidade do EPI.

Na aplicação com pistolas de pulverização, o movimento do braço permitiu a fácil abertura do punho das mangas do fato de macaco, quando fechado por botões, aumentando a exposição dérmica potencial. Neste caso, a opção do aperto com elásticos revelou-se satisfatória.

Em síntese, os resultados dos estudos de campo, apesar das suas limitações, confirmam, de certo modo, os resultados dos ensaios de laboratório normalizados. Aos diferentes níveis de exposição à calda corresponderam diferentes valores de penetração. As condições práticas de aplicação permitiram reafirmar que o adequado EPI depende, entre outros factores, do nível de contaminação previsto. A escolha do fato em algodão pode ser uma boa opção, para valores de exposição relativamente baixos, o que depende dos cuidados do operador e condições e duração da aplicação.

PARTE III

**EXPOSIÇÃO SISTÊMICA A PRODUTOS
FITOFARMACÊUTICOS DO OPERADOR DE
MATERIAL DE APLICAÇÃO**

**C.R. Glass², J.F. Moreira¹,
J.L. Martínez Vidal⁴, F.J. Egea González⁴,
F.J. Arrebola Liebenas³ & W. Meuling⁵**

¹ Direcção-Geral de Protecção das Culturas, Oeiras, Portugal

² Central Science Laboratory, Sand Hutton, York, Reino Unido

³ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Sevilha, Espanha

⁴ Universidad de Almería, Facultad de Ciencias Experimentales, Dept. de Hidrogeología y Química Analítica, Espanha

⁵ TNO Nutrition and Food Research Institut, Dept. of Operational Toxicology, AJ Zeist, Holanda

3.1 – INTRODUÇÃO

Na primeira parte deste documento, apresentaram-se, respectivamente, numerosos ensaios sobre a contaminação potencial do equipamento de protecção individual, por produtos fitofarmacêuticos, de operadores de material de aplicação destes produtos e, na segunda parte, as características de equipamento quanto à sua penetração e repelência dos produtos.

Referem-se, nesta terceira parte, estudos para comparar os valores da exposição potencial do operador com os da dose absorvida de malatião, realizados com medições no sangue e na urina de operadores.

Estes estudos, embora não directamente do âmbito das atribuições da DGPC, mostram-se cruciais por constituírem, de certo modo, a comprovação de que a contaminação potencial do operador pelos produtos fitofarmacêuticos correspondem a uma contaminação sistémica do operador. Acresce ainda que se procurou constatar a influência de condições ambientais na absorção do pesticida através da pele do operador.

3.2 – ABSORÇÃO DO PESTICIDA PELA PELE DO OPERADOR

O estudo foi desenvolvido no sentido de avaliar a quantidade de pesticida absorvido para o corpo do operador, pela sua pele e a influência da temperatura e da humidade relativa nesta absorção.

3.2.1 – Material e métodos

O malatião foi o produto fitofarmacêutico escolhido para os estudos da exposição sistémica, efectuados em Setembro de 1997, inicialmente, em laboratório para determinar a farmacocinética, ou seja, a relação entre a exposição dérmica ao malatião e a quantidade do metabolito seleccionado (a-MMA) na urina.

Os candidatos para o estudo foram convidados a comparecer no “Nutrition and Food Research Institute”, na presença de vários membros da equipa do projecto, tendo sido seleccionados três voluntários.

O malatião foi administrado quer por infusão quer por aplicação dérmica durante quatro horas a três homens voluntários, de acordo com um esquema pré-determinado de 23 dias, tendo-se analisado a- e β -MMA e MDA em amostras de urina. O estudo incluiu, pois, quatro tratamentos, em cada um dos voluntários:

- A – uma pequena quantidade de malatião foi administrada por via intravenosa; a solução salina de malatião em etanol foi administrada, através de infusão durante cerca de 40 minutos, a uma intensidade constante de 6ml/minuto, nos três sujeitos, resultando uma dose administrada de cerca de 3,3 mg de malatião;

- B – uma pequena quantidade (0,3ml) de solução de malatião (40mg/ml), em água + etanol, aplicada com uma pipeta numa área de 100 cm² no antebraço do lado da palma da mão e espalhada com um objecto de vidro, resultando uma dose dérmica de cerca de 12 mg de malatião; os voluntários foram mantidos numa cabina com o braço colocado num incubador à temperatura de 25°C ± 2°C e humidade relativa de 50% ± 10%; depois de 4 horas de exposição, o excesso da substância aplicada foi retirada com lanolina em algodão de dentista molhada em etanol, de acordo com o método descrito por Meuling *et al.* (1991, 1993).
- C – o procedimento e condições foram as acabadas de descrever em B, mas a concentração do malatião foi mais reduzida, 20 mg/ml, correspondente a uma dose dérmica de 6 mg por sujeito;
- D – o último tratamento teve procedimento igual ao de B, mas com 20 mg/ml malatião e o incubador controlado para 30°C ± 2°C e humidade relativa de 75% ± 10%.

Em todas as amostras de urina e de plasma foram estabelecidos os metabolitos a-MMA, MDA e β-MMA. O limite de quantificação estabelecido foi de 4 µg/l, 25 µg/l e 5 µg/l para a-MMA, β-MMA e MDA urinário, respectivamente.

3.2.2 – Resultados e discussão

A dose absorvida potencial (DAP) é considerada a diferença entre a quantidade de malatião aplicada e a escorrida, ao fim de 4 horas.

Os resultados de DAP nos Quadros 3.1 e 3.2 mostram em primeiro lugar que os tratamentos dérmicos resultam em exposições sistémicas. Todavia, apenas uma percentagem relativamente baixa do produto aplicado por via dérmica fica disponível para absorção através da pele. Concretamente, verificou-se que a DAP máxima foi na modalidade D, com uma média para os três voluntários pouco superior a 20%, o que, quando comparada com a DAP para as modalidades B e C, evidencia o efeito da temperatura e da humidade relativa no aumento da absorção do produto.

Ensaio adicionais permitiram verificar que o processo de absorção para a corrente sanguínea é lento e conduz a concentrações muito baixas no sangue, o que é explicado por o processo de degradação no sangue ser relativamente rápido, seguindo-se uma excreção preferencial através da urina.

Nas amostras de urina dos três aplicadores, colhidas 72 horas depois da aplicação dérmica, foram detectadas pequenas quantidades de **MDA** ou de **a-MMA**. O metabolito **β-MMA** não se encontrava presente.

Contudo, na administração intravenosa do malatião, todos os metabolitos estavam presentes nas amostras de urina, como se verifica nos resultados resumidos no quadro 3.3.

Quadro 3.1 – Resultados individuais das doses aplicadas, escorridas e potencialmente absorvidas de malatião, respectivamente para os tratamentos B, C e D (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Operadores	Tratamento	Dose aplicada (mg)	Quantidade escorrida (mg)	Dose absorvida potencial (PAD) (mg)	PAD aplicada na derme (%)
1	B	13,21	11,27	1,94	14,7
	C	6,41	5,34	1,07	16,7
	D	7,08	4,94	2,14	30,2
2	B	13,23	12,01	1,22	9,2
	C	6,36	5,93	0,43	6,8
	D	7,13	6,08	1,05	14,7
3	B	13,26	11,61	1,65	12,4
	C	6,36	5,86	0,5	7,9
	D	7,09	5,75	1,34	18,9

Quadro 3.2 – Resultados médios das doses aplicadas, escorridas e potencialmente absorvidas de malatião por tratamento para o conjunto dos três operadores (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Tratamento	Dose aplicada (mg)	CV (%)	Dose escorrida (mg)	CV (%)	Dose absorvida potencial (DAP) (mg)	CV (%)	DA P da dose aplicada na derme %	CV %
B	13,23 ± 0,025	0,2	11,63 ± 0,37	3	1,60 ± 0,36	23	12,1 ± 2,76	23
C	6,38 ± 0,029	0,5	5,71 ± 0,32	6	0,67 ± 0,35	52	10,5 ± 5,43	52
D	7,01 ± 0,26	4	5,59 ± 0,59	11	1,51 ± 0,56	37	21,3 ± 8,0	38

Quadro 3.3 – MDA, a-MMA e β-MMA na urina depois da administração intravenosa (A) e das aplicações dérmicas (B, C e D) (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Tratamento	Média do malatião (mg)	DAP (mg)	Média da excreção urinária (µg)					
			MDA ***	CV %	a-MMA	CV %	β-MMA	CV %
A	3,3	n.a.*	1267 ± 610	48	624 ± 561	90	49 ± 46	94
B (25° C, 50 % H.R.)	13,23	1,6	63 ± 20	31	41 ± 20	49	n,d,**	n,d,
C (25° C, 50 % H.R.)	6,38	0,67	54 ± 18	33	40 ± 19	48	n,d,**	n,d,
D (30° C, 75 % H. R.)	7,01	1,51	104 ± 58	56	74 ± 38	51	n,d,**	n,d,

* n.a. = não aplicável

** n.d. = não detectado

*** valores indicativos

3.3 – EXPOSIÇÃO SISTÊMICA DE OPERADORES NO CAMPO

O passo final do projecto foi conduzido no sentido de averiguar a eventual relação entre a exposição sistémica e a absorção dérmica do operador na aplicação de produtos fitofarmacêuticos, pelo método habitualmente utilizado, em culturas em abrigo.

Com base nas normas da OCDE, foi estabelecido um protocolo comum para a absorção sistémica realizada em diferentes países, tendo-se escolhido o malatião para as medições deste pesticida e seu metabolito ácido monocarboxílico (α MMA), na urina, de voluntários que o aplicaram na cultura do tomateiro em estufa.

3.3.1 – Material e métodos

Os três voluntários submetidos aos testes, nos ensaios conduzidos em Portugal, eram todos experientes e não tiveram qualquer contacto com o pesticida nas 24 horas anteriores ao estudo, o que foi garantido pela análise da urina, prévia à aplicação. Durante esta, usavam luvas novas de nitrilo e fatos novos pré-lavados de algodão e poliéster, e, para evitar a contaminação por inalação, máscaras respiratórias, com sistema de respiração forçada (Figuras 3.1 e 3.2). O peitilho do equipamento de protecção respiratória foi ajustado de forma a não ficar sobre o fato de macaco, não alterando, assim, os resultados da contaminação dérmica potencial, medida nas diferentes secções do fato, de acordo com o protocolo apresentado na Parte I.

A preparação da calda e o enchimento dos depósitos do equipamento de aplicação foram feitos por outro trabalhador, para impedir qualquer contaminação dos voluntários com o produto fitofarmacêutico durante estas operações. As operações em estufa decorreram em Junho de 2000 e o tempo de aplicação foi de cerca de 30 minutos. A recolha da urina efectuou-se ao longo de 24 horas após a aplicação.

3.3.2 – Resultados e discussão

No Quadro 3.4 reúnem-se as medições do MMA na urina dos três voluntários portugueses, imediatamente antes da aplicação e no período de 24 horas seguintes à aplicação da calda com malatião numa estufa com cultura de tomate, em Campelos (Oeste). A substância activa pesquisada nunca ocorreu na urina, o que evidencia a total metabolização do malatião.

Como se observa no mesmo Quadro 3.4, nos testes realizados em Portugal, para um período de aproximadamente meia hora de trabalho, os níveis de α -MMA total foram de 51, 140 e 134 μg , a que corresponde o resultado de 102, 280 e 268 μg por hora.

No conjunto, Glass *et al.* (2002) admitem que os valores, variando entre 36 e 280 μg por hora, se podem considerar muito próximos do nível de exposição biológica prevista.

Quadro 3.4 – Resultados dos ensaios de campo de biomonitorização com três aplicadores, em Portugal (Adaptado de Glass *et al.*, 2002)

Número da amostra	Data da colheita da urina	Tempo de colheita da urina	Volume de colheita da urina (ml)	Concentração de a-MMA ($\mu\text{g/l}$)	Total de a-MMA μg
1	19/06/00	08:45*		<L.O.D.	<L.O.D.
2	19/06/00	12:00	400	28,01	11,20
3	19/06/00	13:30	400	30,12	12,41
4	19/06/00	16:45	350	36,07	12,63
5	19/06/00	19:30	200	40,57	8,11
6	19/06/00	22:00	400	16,16	6,46
7	19/06/00	23:00	400	<L,O,D,	<L,O,D,
8	20/06/00	02:15	350	<L,O,D,	<L,O,D,
9	20/06/00	06:45	600	<L,O,D,	<L,O,D,
10	20/06/00	09:30	250	<L,O,D,	<L,O,D,
11	20/06/00	10:45	100	<L,O,D,	<L,O,D,
TOTAL					50,814

Número da amostra	Data da colheita da urina	Tempo de colheita da urina	Volume de colheita da urina (ml)	Concentração de a-MMA ($\mu\text{g/l}$)	Total de a-MMA μg
1	19/06/00	09:45*		<L.O.D.	<L.O.D.
2	19/06/00	13:10	300	35,31	10,59
3	19/06/00	18:05	250	297,80	74,45
4	19/06/00	20:20	400	27,05	10,82
5	19/06/00	22:25	400	14,42	5,77
6	20/06/00	00:53	550	39,21	21,56
7	20/06/00	06:53	450	14,79	6,65
8	20/06/00	12:10	350	28,80	10,08
TOTAL					139,931

Número da amostra	Data da colheita da urina	Tempo de colheita da urina	Volume de colheita da urina (ml)	Concentração de a-MMA ($\mu\text{g/l}$)	Total de a-MMA μg
1	20/06/00	11:15*		<L,O,D,	<L,O,D,
2	20/06/00	13:08	300	24,97	7,49
3	20/06/00	18:40	80	347,26	27,78
4	20/06/00	20:30	150	30,55	4,58
5	20/06/00	21:30	440	45,87	20,18
6	20/06/00	22:30	200	60,97	12,20
7	21/06/00	07:05	600	94,52	56,71
8	21/06/00	11:15	350	14,16	4,96
9	21/06/00	13:35	450	< L.O.D.	<L.O.D.
TOTAL					133,898

* Recolha antes da aplicação

Limite de quantificação (L.O.D.) para a-MMA 0,009 $\mu\text{g/l}$



Fig. 3.1 – Equipamento de protecção respiratória com ventilação forçada



Fig. 3.2 – Aplicação da calda de malatião em estufa com a cultura de tomate

A relação entre a exposição dérmica potencial e a dose absorvida do metabolito a-MMA, medida pela excreção urinária, é observável na Figura 3.3, cujas condições de aplicação se mostram no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Detalhes dos ensaios da biomonitorização

País	Calda (l/ha)	Área total (ha)	Conc. da calda g s.a./l	Volume pulverizado (litros)	Tempo de aplicação (horas)	Cultura	Altura da cultura (m)	Distância das entrelinhas (m)	Contaminação do fato (ml de calda/hora)	Contaminação por malatião (mg)	Excreção de a-MMA (ug)
Esp.	2000	0,15	1,23	300	1,13	Tomate	2,5	1,5	9,6	13,4	0
Esp.	700	0,5	1,18	350	1,43	Tomate	2	1,5	66,7	112,8	134
Esp.	750	0,5	1,21	375	1,47	Tomate	2	1,5	66,3	117,7	180
Port.	952	0,068	0,4	65	0,40	Tomate	1,5-1,8	0,8 - 1,2	180,8	29,9	51
Port.	1850	0,046	0,5	85	0,53	Tomate	1,5-1,9	0,8 - 1,3	136,7	35,7	140
Port.	2081	0,042	0,5	87	0,50	Tomate	1,5-2,1	0,8 - 1,4	170,0	40,7	134
Itál.	557	0,19	1,5	105	0,24	Ornam.	0,4-0,6	0,4-0,8	105,1	37,6	37
Itál.	804	0,09	1,4	75	0,14	Ornam.	0,4-0,6	0,2 (vasos)	25,4	4,9	46
Itál.	709	0,18	1,5	125	0,34	Ornam.	0,4-0,6	0,2 (vasos)	33,3	17,1	35
Gréc.	3333	0,03	0,96	100	0,53	Tomate	2,4	1,4	167,7	85,7	18
Gréc.	4762	0,02	1,06	100	0,55	Tomate	2,4	1,4	215,4	125,8	86
Gréc.	3448	0,03	0,91	100	0,67	Tomate	2,4	1,4	409,3	248,6	68
Finl.	2000	0,05	1,03	100	1,00	Rosas	1,2	0,4	204,3	210	2
Finl.	4792	0,12	0,77	575	2,00	Rosas	1,3	0,6-1,0	44,8	69	231
Finl.	4792	0,12	0,77	575	1,80	Rosas	1,3	0,6-1,0	15,0	21	11

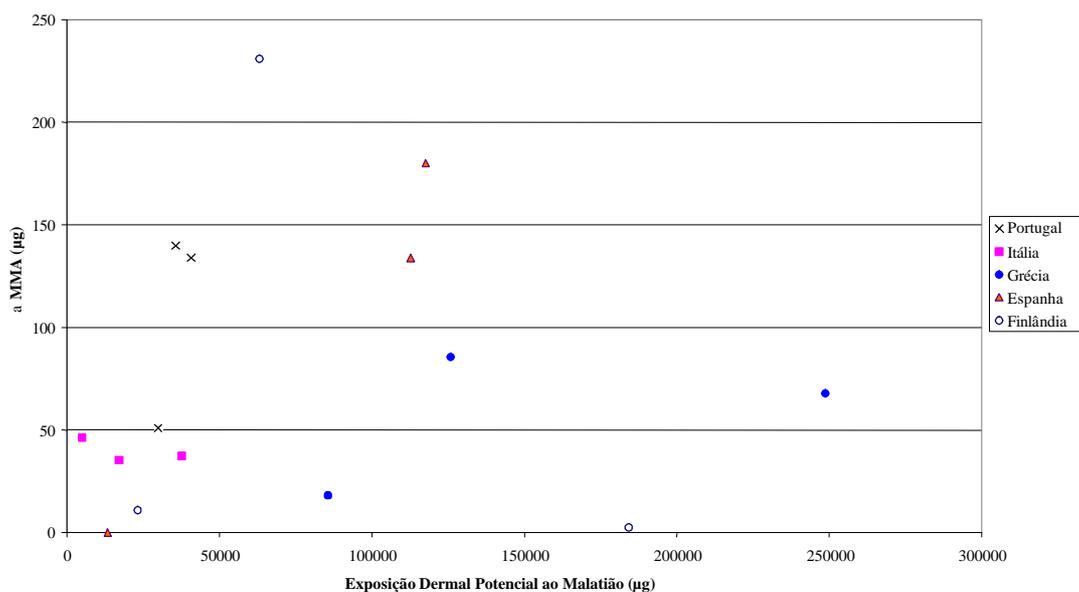


Fig. 3.3 – Relação entre a exposição dérmica potencial ao malatião e a recuperação do metabolito a na urina (Extraído de Glass *et al.*, 2002)

No conjunto dos ensaios dos vários países, verificaram-se alguns resultados inconsistentes. Tenha-se em conta que as colheitas não se fizeram em intervalos uniformes e que a actividade dos voluntários pacientes variou durante as 18 horas do período de amostragem e a concentração da urina pode ser influenciada pelo grau de desidratação do operador. De qualquer modo, é sensível uma relação positiva entre a exposição dérmica potencial e a dose absorvida do pesticida, a despeito de vários factores que influenciam na penetração e absorção dérmica, ficando assim confirmada a validade das medições da exposição potencial.

3.4 – CONCLUSÕES

Deste estudo é admissível extraírem-se as seguintes conclusões:

- as exposições dérmicas de malatião conduziram a uma absorção sistémica que foi medida através concentrações de MMA α e β e MDA;
- o aumento da temperatura ambiente de 25 para 30°C e da humidade relativa de 50% para 75% levou ao incremento aproximado para o dobro da penetração dérmica do malatião, o que se revela muito importante na avaliação dos riscos nos casos de calor e humidade intensas, comuns nos países do Sul da Europa e nalgumas situações de trabalho em estufas;
- a exposição a cerca de 12 mg ou de 6 mg de malatião aplicado na pele por 4 horas numa área de 100 cm², conduziu a uma absorção sistémica sensivelmente idêntica;
- o resultado do estudo de campo estabeleceu alguma correlação entre a contaminação por via sistémica e a exposição dérmica potencial, realçando-se os riscos para o operador na aplicação de produtos fitofarmacêuticos.

NOTA FINAL

NOTA FINAL

O trabalho apresentado concernente à avaliação dos riscos toxicológicos do pessoal dedicado à aplicação de produtos fitofarmacêuticos e às medidas para a sua diminuição, integra-se na preocupação referida em documento de Seabra (1998) e contemplada na Acção 8.2. do Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural (Direcção-Geral de Protecção das Culturas (2000).

Os ensaios apresentados na PARTE I permitiram um melhor conhecimento da exposição dérmica potencial do operador, do respectivo ajudante e de “bystanders”, aos produtos utilizados na protecção das culturas, avaliada por medições da quantidade de corante indicador ou de produto fitofarmacêutico depositada em diferente equipamento de protecção individual (EPI), tendo permitido averiguar a influência dos principais factores nessa contaminação. A exposição potencial por inalação foi também avaliada.

O conjunto dos ensaios mostra claramente a necessidade do uso do EPI para impedir a importante contaminação observada. Não havendo EPI que evite totalmente a contaminação e que seja cómodo e de uso fácil nas condições mediterrânicas, o critério da sua selecção, em função dos factores que influem na exposição à calda prevista do operador, deve ser bem ponderado.

Os resultados do estudo da exposição potencial de outros indivíduos presentes, na zona de acção das aplicações, confirmam a necessidade do ajudante do operador, na aplicação com pistolas, estar devidamente protegido.

O arrastamento de calda na pulverização em pomares de citrinos e a exposição dos “bystanders”, foi avaliado a diferentes distâncias, só se tendo encontrado um valor acima do limite de quantificação, num voluntário colocado a 10 metros da zona do pomar pulverizada. Todavia, noutras condições de campo há possibilidade de alguns riscos de contaminação dos ajudantes do operador que, em estufa, serão acrescidos. De facto, apenas em dois, de treze ensaios em estufa, não foram detectados valores acima do limite mínimo detectável, realçando-se o risco por inalação para indivíduos ocasionalmente presentes nas imediações da pulverização.

Naturalmente, a qualidade do EPI e a sua adequada utilização são primordiais para evitar a contaminação do operador, aspectos que se desenvolveram na PARTE II em que se apresentaram os resultados de diversos estudos laboratoriais sobre a eficácia dos fatos de algodão e misturas com poliéster, usados nos países mediterrânicos, complementados com a avaliação da penetração dos produtos pelos fatos em condições práticas.

Estes ensaios de permeabilidade do EPI, em condições práticas, em pleno campo, confirmaram que a selecção do EPI adequado dependerá, entre outros factores, da contaminação prevista, de acordo com os dados obtidos nos estudos laboratoriais.

Realça-se a variabilidade da exposição aos pesticidas nas diferentes regiões do corpo do operador. Tal facto permite sugerir que os fatos apresentem características de protecção diferenciadas em várias secções, sem agravamento do conforto.

Para um conhecimento mais completo da contaminação, foram efectuados estudos da exposição sistémica com produtos fitofarmacêuticos de operadores de material de

aplicação voluntários, a partir de amostras de urina, para determinação de vestígios de metabolitos de malatião após aplicações em estufa, apresentados na PARTE III.

Como seria de esperar, os estudos de campo em Portugal, conforme descrito, bem como os efectuados noutros países, demonstram, em geral, uma boa correlação entre a exposição dérmica potencial e a quantidade de produto absorvida pelo operador, mas, por vezes, verificou-se alguma discrepância nos resultados, possivelmente por haver muitos factores intervenientes. A análise destes ensaios mostra que a região do corpo em contacto com o produto fitofarmacêutico e a sua importância para a absorção pela pele. No entanto, dever-se-á ter presente que a natureza da formulação e da substância activa e os factores ambientais também têm influência decisiva.

A influência das condições atmosféricas, temperatura e humidade relativa do ar, na absorção pela pele dos produtos fitofarmacêuticos ficou demonstrada. As dificuldades da prevenção da contaminação com os produtos fitofarmacêuticos em pleno campo nas condições mediterrânicas ou em ambiente condicionado, também resultam de tal influência.

Finalmente, salienta-se que o possível desconforto na utilização de EPI, sobretudo em condições de temperatura e humidade relativa do ar elevadas, não deve ser justificação para os operadores negligenciarem o seu uso, em face dos resultados conhecidos da sua contaminação durante as operações de manipulação e aplicação de produtos fitofarmacêuticos. Cabe aos técnicos a responsabilidade da escolha dos EPI adequados a cada produto fitofarmacêutico e tipo de aplicação.

Com vista a conseguir-se a utilização generalizada dos EPI, pelos operadores, ajudantes e “bystanders”, devem ser consideradas diversas medidas, tais como a incentivo de acções de sensibilização, já em curso, o aconselhamento persistente, senão mesmo o estabelecimento de obrigatoriedade legal do seu uso para produtos mais tóxicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, reconhecidamente, a colaboração, prestada por responsáveis e pessoal dos Centros Experimentais da Direcção Regional do Algarve, no Patacão e em Tavira, durante a realização dos ensaios de campo, para cujo planeamento o eng. José Entrudo Fernandes foi determinante.

Ao eng. Luís Azevedo e aos agricultores da Aldeia Gavinha (Merceana) e de Campelos, da Região Agrícola do Oeste, pela cedência das estufas, são dirigidos iguais agradecimentos.

Aos operadores de máquinas de aplicação de produtos fitofarmacêuticos, com especial referência aos voluntários para o estudo de contaminação por via sistémica, técnicos Manuel Barreto, Paulo Soares e eng. Sousa Alves, ficamos gratos.

Pelo trabalho de laboratório por espectrofotometria, nos estudos da contaminação dérmica e por inalação potenciais e da penetração de calda em diferentes secções do EPI efectuado pela técnica de laboratório Isabel Paula, fica-se agradecido.

À eng Assunção Vaz ficamos reconhecidos pela leitura, revisão e aconselhamento, especialmente, do texto da PARTE III, referente à contaminação por via sistémica.

Ao doutor eng. António Lavadinho agradece-se o prestimoso apoio e a revisão de todo o texto e ao prof. Ilídio Moreira as sugestões recebidas.

Agradece-se o suporte financeiro da Comissão Europeia, através da DG XII, ao Projecto SMT 4-CT96-2048, sem o qual não teria sido possível a realização do trabalho apresentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BSI (1993) *BS EN 368 Protective clothing – Protection against liquid chemicals – Test method: Resistance of materials to penetration by liquids (1993)*. British Standards Institute (BSI), 389 Chiswick High Road, London W4 4 AL.
- BSI (1995) *BS EN 468 Protective clothing – Protection against liquid chemicals – Test method: Determination of resistance to penetration by spray (Spray Test)*. British Standards Institute (BSI), 389 Chiswick High Road, London W4 4 AL.
- Direcção-Geral da Protecção das Culturas (2000) *Acção 8.2. Redução do risco e dos impactes ambientais na aplicação de produtos fitofarmacêuticos*. Agricultura e Futuro. Agro – Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural.
- EPA - Environmental Protection Agency of the United States of America (1987) *Pesticide Assessment Guidelines*.
- Glass C.R., Mathers J.J., Martínez-Vidal J.L., Egea-González F.J., Moreira J., Machera K., Kapetanakis E. & Capri E. (1998) Use of visible tracers for applications to greenhouse crops to evaluate pesticides fate and potential operator exposure. *2nd European Pesticide Residue Workshop*. Almeria, España.
- Glass R., Mathers J., Martínez-Vidal J.L., Delgado-Cobos P., Cohen-Gomez E. & Moreira J.F. (2000) Potential dermal exposure and garment performance for pesticide applicators in Southern Europe. *Occupational Risks Prevention*. Tenerife, España.
- Glass C.R., Mathers J.J., Martínez-Vidal J.L., Egea-González F.J., Delgado-Cobos P., Moreira J.F., Machera K., Kapetanakis E. & Capri E. (2001a) Factores que influyen en la exposición de los trabajadores agrícolas a los plaguicidas en el área mediterránea. *Phytoma España*, 129: 91-93.
- Glass C.R., Moreira J.F., Cohen E., Delgado P., Mathers J., Evans C. & Lewis R. (2001b) Performance of protective clothing for pesticide applicators in warm climates. *XIV World Cong. Health at Work*. Viena.
- Glass C.R., Gilbert A.J., Mathers J.J., Martínez Vidal J.L., Egea González F.J., González Pradas E., Ureña Amate D., Fernández Pérez, Flores Céspedes F., Delgado Cobos P., Cohen Gomez E., Moreira J.F., Santos J., Meuling W., Kapetanakis E., Goumenaki E., Papaeliakis M., Machera K., Goumenou M.P., Capri E., Trevisan M., Wilkins R.M., Garratt J.A., Tuomainen A. & Kangas J. (2002) *The assessment of operator, bystander and environmental exposure to pesticides*. BCR Information. Project Report. Chemical analysis. Standards, Measurement and Testing Programme. Contract N.º SMT4-CT96-2048. Final Report European Commission. Directorate-General for Research. EUR 20489. 437 pp.
- Lundehn, J.R., Westphal, D., Kietzka, H., Krebs, B., Locher-Bolz, S., Maasfeld, W. & Pick E.D. (1992) *Uniform principles for safeguarding the health of applicators of plant protection products*. Mitteilung aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin.
- MAFF (1985) *Code of practice for the safe use of pesticides on farms and holdings*. Ministry of Agriculture Fisheries and Food.
- Martínez-Vidal J.L., Glass C.R., Egea-Gonzalez F.J., Mathers J.J. & Castro-Cano M.L. (1998) Techniques for potential dermal exposure assessment in southern Europe. *Proc. 9th Int. Cong. Pesticide Chemistry, the Food-Environment Challenge*, Westminster, London, UK.
- Meuling, W.J.A., Bragt, P.C., Leenhheers, L.I. & de Kort, W.L.A.M. (1991) Dose-excretion study with the insecticide propoxur in volunteers in prediction of percutaneous penetration. In (Scott, R.C., Guy, R.H., Hadgraft, I. & Boddë, H.E., eds.) *Methods, measurements and modeling*, Vol. 2, p. 13-19.
- Meuling, W.J.A., Opdam, J.J.G. & de Kort, W.L.A.M. (1993) Dose-excretion study with the fungicide carbendazim in volunteers in prediction of percutaneous penetration. In (Scott, R.C., Guy, R.H., Hadgraft, I. & Boddë, H.E., eds.) *Methods, measurements and modeling*, Vol. 3, p. 598-603.

- Moreira J. (1996) Study/Training visit to Central Science Laboratory Ministry of Agriculture, fisheries and Food (Harpenden/York, 4-29th November. *Relatórios. Direcção-Geral de Protecção das Culturas*. PPA(AB-1) 15/96. 25 pp.
- Moreira J.F. (2001) *Avaliação da exposição do operador. Equipamento de protecção individual*. Direcção-Geral de Protecção das Culturas. PPA(AB-IMA) 2/01. 10 pp.
- Moreira J.F., Glass C.R., Mathers J.J., Evans C.E., Sykes D. & Lewis R. (2001) A comparative study of the potential dermal exposure of an operator with two pesticides application technique in a citrus orchard. *Int. Symp. of Pesticides*, Valencia.
- Moreira J.F. & Gomes R. (1997) Aplicação de Reguladores de Crescimento em pomares de pereira 'Rocha' e avaliação da exposição do operador. *IV Encontro Nacional de Protecção Integrada*. PPA (AB - I) 6/97.23 pp.
- Moreira J.F., Santos J. & Glass C.R. (1999) Personal protective equipment penetration during application of plant protection products. *XIV Intern. Plant Protection Cong.*, Jerusalem, Israel.
- Moreira J.F., Santos J.S. & Glass C.R. (2000) Comparative study on the operator potential dermal exposure using two different application techniques in a tomatoes greenhouse in Portugal. *Aspects Applied Biology*, 57: 399-404.
- Moreira J.F., Santos J., Glass C.R. Wild S.A. & Sykes D.P. (1999) Measurement of spray drift with hand held orchard spray applications. In (A.A. Del Re, Brown C., Errera G, Evans S.P. & Trevisan M, eds.) *Proc. XI Symp. Pesticide Chemistry, Human and Environmental Exposure to Xenobiotics*. Cremona, Italy. Eds.
- OECD – Organisation of Economic Co-operation and Development (1997) *Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application*. OECD/GD(97) 148, Paris, March.
- PHED (1992) *Pesticide Handlers Exposure Database. Reference Manual*. Versar Inc., Springfield, Virginia, USA.
- Seabra H. (1998) *A Política Global sobre Produtos Fitofarmacêuticos. Medidas em Execução em Portugal e Lacunas a Contemplar*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direcção-Geral de Protecção das Culturas. PPA (DSPF) – 4/98.
- Van Hemmen, J.J. (1992) Agricultural pesticide data-bases for risk assessment. *Reviews of environmental Contamination and Toxicology* 126: 1-85.