

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Maria Estela Dias

**Manuseio de agrotóxicos e a saúde
ocupacional no trabalho rural: contaminação
por agrotóxicos organofosforados**

Taubaté – SP
2008

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Maria Estela Dias

**Manuseio de agrotóxicos e a saúde
ocupacional no trabalho rural: contaminação
por agrotóxicos organofosforados**

Monografia apresentada para obtenção do
Certificado de Especialização em Engenharia
de Segurança do Trabalho do Departamento
de Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade de Taubaté.

Orientador: prof. MS. Maria Judith Marcondes
Salgado Schmidt

Taubaté – SP
2008

MARIA ESTELA DIAS
MANUSEIO DE AGROTÓXICOS E A SAÚDE OCUPACIONAL NO TRABALHO
RURAL: Contaminação por Agrotóxicos Organofosforados

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Data: 02/12/2008
Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Alberto Guimarães Garcez Universidade de Taubaté
Assinatura _____

Prof.^a Maria Judith Marcondes Salgado Schmidt Universidade de Taubaté
Assinatura _____

Prof. Oséas Sene Universidade de Taubaté
Assinatura _____

Dedico este trabalho
aos meus pais Benedito e Maria José (in memoriam),
pelo amor e exemplo de vida que tanto me inspiraram
e a minha irmã Marta a primeira e única melhor amiga.
Toda a felicidade da minha vida está atrelada a vocês.

AGRADECIMENTOS

A professora Maria Judith Salgado Schmidt pela colaboração na orientação desse trabalho.

A professora Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro pelas aulas de que foram de fundamental ajuda na elaboração da monografia.

Ao engenheiro agrônomo Alexandre Moreira Nogueira pela colaboração prestada.

Ao engenheiro agrônomo Antonio Cortez Filho do Departamento de Ciências Agrárias pelas informações prestadas.

Ao professor Balmes Veja Garcia por suas aulas inspiradoras e as indicações, que auxiliaram na execução deste trabalho.

Ao engenheiro agrônomo José Prado Alves Filho da Fundacentro pelas indicações das fontes de pesquisa.

Ao professor José Possebon da Fundacentro pela gentileza da indicação do sr. José Prado Alves Filho que prestou ótimas informações.

“O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência e essa ilusão é um tipo de pressão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto apenas pelas pessoas mais próximas.”

Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa pressão ampliando nosso círculo de compaixão para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza.

“Ninguém conseguirá atingir completamente seus objetivos, mas, lutar pela sua realização, já é por isso parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior.”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo salientar a importância de uma análise sistemática de todo o processo produtivo rural no que diz respeito ao uso de agrotóxicos. Os riscos e perigos a que estão expostos os trabalhadores que utilizam especificamente as substâncias organofosforadas. O meu interesse por esse assunto começou pela leitura de um artigo publicado na revista Galileu em agosto de 2002 “A última colheita” que aborda com excelência esse tema. Na época eu lecionava química para os alunos de uma escola rural próxima a reserva florestal “Carlos Botelho” em São Miguel Arcanjo. Eu tinha conhecimento que meus alunos eram filhos de agricultores e mesmo alguns já trabalhavam ajudando seus pais. Então fiz uma pequena pesquisa informal que foi utilizada na época apenas para discussão e comentários nas minhas aulas, colhendo informações de como eles tratavam a questões ocupacionais do uso dos agrotóxicos, já que a maioria relatou usar esses produtos especialmente no cultivo da uva Itália e batata. A maioria não utilizava equipamentos de segurança para as pulverizações e nem se preocupava com o descarte das embalagens dos produtos agrotóxicos. Alguns alunos relataram casos de intoxicação ocorridos com eles e com familiares. E desde essa época me despertou o interesse pelo assunto, especialmente quando tive conhecimento do possível relação da intoxicação com os agrotóxicos organofosforados e os efeitos como a depressão, a alta ocorrência de suicídios e problemas neurocomportamentais. No momento desse curso achei de interesse pesquisar sobre o assunto com um pouco mais de profundidade para entender as possíveis correlações entre o tema e suas implicações com a saúde e a segurança do trabalhador que é referencia da engenharia de segurança do trabalho.

Palavras Chave: Agrotóxicos Organofosforados. Intoxicação. Trabalhador Rural

ABSTRACT

Manipulation of pesticides and the occupational health in the agricultural work: poisoning for organophosphorus pesticides

This work has as main objective to all point out the importance of a systematic analysis of the agricultural productive process in what it says respect to the use of pesticides. The risks and dangers the one that is displayed the workers whom they use specifically the organophosphates substance. My interest for this subject started for the reading of an article published in the Galileu magazine in August of the 2002 “last harvest” that approaches with excellency this subject. At the time I teached chemistry for the pupils of a next agricultural school the forest reserve “Carlos Botelho” in I am São Miguel Arcanjo. I had knowledge that my pupils were children of agriculturists and same some already worked helping his parents. Then I made a small one informal research that was used at the time only for discussion and commentaries in my lessons, gathering information of as they dealt with the occupational questions the use of the pesticides, since the majority told especially to use these products in the culture of the grape Italy and potato. The majority did not use equipment of security for the sprayings and nor if it worried about the discarding of the packing of the pesticides products. Some students had told occurred cases of poisoning with them and familiar. And since this time I awaked the interest for the subject, especially when I had knowledge of the possible relation of the poisoning with the organophosphorus pesticides and the effect as the depression, the high occurrence of suicides and neurological problems. At the moment of this course I found of interest to search on the subject with a little more than depth to understand the possible correlations between the subject and its implications with the health and the security of the worker who is reference of the engineering of security of the work.

Key words: Organophosphorus pesticides . Poisoning. Rural workes

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Variáveis comportamentais que podem ser afetadas pela exposição à organofosforados.	31
Tabela 2 Localização dos absorventes para medir a exposição dérmica em áreas que representam as principais regiões do corpo, no método do uso de absorventes, segundo a EPA.	51
Tabela 3 Vantagens e limitações dos métodos para estimar a exposição dérmica, segundo OECD, 1997	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Aplicação de agrotóxico com sistema mecanizado	27
Figura 2 Aplicação de agrotóxico com sistema mecanizado	27
Figura 3 Posição dos absorventes colocados na dosimetria passiva, pelo método do uso de absorventes	59
Figura 4 Códigos das regiões do corpo para identificação das amostras de roupa e do lavado de face e pescoço, utilizado pelo método do corpo total	60
Figura 5 Uso de traçadores fluorescente ou corantes mostrando possíveis pontos de acúmulo de resíduos	61
Figura 6 Trabalhador auxiliado na colocação do filtro de ar	65
Figura 7 Trabalhador com roupa protetora, visor facial e a bomba de ar com filtro	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 O PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 JUSTIFICATIVAS E ABRANGÊNCIAS DO PROBLEMA	15
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2 REVISAO LITERÁRIA	19
2.1 HISTÓRICO	20
2.2 UTILIZAÇÕES DE AGROTÓXICOS NO CONTEXTO HISTÓRICO BRASILEIRO	22
2.3 UTILIZAÇÕES DE AGROTÓXICOS NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS.	23
2.3.1 O USO EXCESSIVO.....	24
2.3.2 O USO INSEGURO	25
2.4 AGROTÓXICOS ORGANOFOSFORADOS E OS AGRAVOS À SAÚDE HUMANA.	28
2.5 LEGISLAÇÃO ATUAL DOS AGROTÓXICOS	32
2.6 O TRABALHADOR RURAL	36
3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO	37
3.1 EXPOSIÇÃO AOS AGROTÓXICOS ORGANOFOSFORADOS	38
3.2 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	41
3.3 DOSIMETRIA PASSIVA	49
3.4 EXPOSIÇÃO DÉRMICA	49
3.4.1 Método de avaliação da exposição dérmica por dosimetria passiva.....	50
3.4.1.1 Método do uso de absorventes (<i>patch method</i>)	50
3.4.1.2 Método do corpo total (whole body method)	51
3.4.2 EXPOSIÇÃO DAS MÃOS.....	54
3.4.3 EXPOSIÇÃO DA FACE E PESCOÇO.....	56
3.4.4 EXPOSIÇÃO DOS PÉS.	56
3.5 EXPOSIÇÃO INALATÓRIA	56
3.6 MONITORAMENTO BIOLÓGICO	62
4 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

Agrotóxico é uma designação dada a uma substância química ou mistura de substâncias utilizadas para controlar ou destruir uma variedade de organismos vivos e indesejáveis (Brasil 1989). São compostos sintetizados com a premissa de exercerem o mínimo de impacto sobre os organismos não-alvo de garantir a eficácia agrônômica no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. No entanto, alguns desses compostos podem afetar a vida selvagem, a saúde do homem do campo, as qualidades do solo e da água, entre outros se persistentes e/ou recalcitrantes.

1.1 O PROBLEMA

Os processos de produção agrícola e os padrões tecnológicos utilizados até 1980, sofreram inúmeras transformações nestes últimos vinte anos, com alteração da composição das culturas e dos processos de produção.

Condições financeiras favoráveis, especialmente com a política de estímulo do crédito agrícola na década de setenta, associadas à disponibilidade de novas tecnologias desenvolvidas para diversas culturas, principalmente de exportação, contribuíram muito para o desenvolvimento da agricultura neste período.

Ao mesmo tempo foram difundidos pacotes tecnológicos que preconizaram controle de pragas e doenças como método para resguardar o potencial das lavouras.

Estes métodos obrigaram as aplicações sistemáticas de agrotóxicos, mesmo sem a ocorrência de pragas, resultando em pulverizações excessivas e desnecessárias.

O uso descontrolado e crescente de agrotóxicos nos dias atuais determinou o crescimento de incertezas relacionadas à qualidade de vida dos indivíduos. A larga utilização desses produtos veio justificada pelo discurso do crescimento populacional, da fome e da necessidade de agilidade para a produção em larga escala de alimentos, e, mais recentemente, das necessidades do 'mercado' – produzir mais, com 'melhor qualidade', para vender pelo melhor preço e, se possível, exportar (FREITAS; SÁ, 2003).

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho objetivou analisar a problemática das intoxicações ocupacionais com os agrotóxicos organofosforados e apresentar os métodos de avaliação das contaminações existentes na literatura;

Descrever a existência de dados sobre efeitos neurotóxicos crônicos por exposição em longo prazo aos agrotóxicos;

Sumarizar o conhecimento atual sobre o tema.

1.3 JUSTIFICATIVAS E ABRANGÊNCIAS DO PROBLEMA

No Brasil, os agrotóxicos utilizados para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, constituem uma das principais ferramentas do modelo de desenvolvimento do setor agrícola adotado pela maioria dos produtores, atingindo um volume de vendas de cerca de 2,5 bilhões de dólares em 1999.

O Brasil encontra-se em oitavo lugar mundial no consumo de praguicidas agrícolas considerando-se os quilogramas aplicados por hectare. As maiores vendas são de herbicidas (Classes toxicológicas II e III), fungicidas (Classe III) e inseticidas (Classes I e II) (SINDAG, 2001).

São poucos os trabalhos publicados em literatura brasileira que descrevem o perfil do uso de agrotóxicos pelo trabalhador rural e medem ou quantificam a exposição a esses produtos. Além disso, muitas informações sobre o uso de agrotóxicos não estão disponíveis ou são de difícil acesso, pois muitas vezes estão embutidas em pesquisas que tratam de assuntos correlatos (por exemplo, pesquisas sobre a segurança do maquinário, eficácia de produtos, etc.) e não enfocando diretamente o agricultor (GARCIA e ALMEIDA, 1991).

Os agrotóxicos sintéticos são tóxicos mesmo em pequenas quantidades. Estudos realizados confirmam que baixos níveis de exposição a agrotóxicos podem causar sérias doenças e desordens na saúde, incluindo câncer, dano ao sistema nervoso, sistema reprodutivo e outros órgãos, anormalidades no desenvolvimento e comportamento, disfunção hormonal e disfunção no sistema imunológico.

Estudos desenvolvidos na Fiocruz, entre os anos de 1979 e 1998, na região serrana do Rio de Janeiro, demonstraram que os agricultores dessa região morreram mais de câncer (principalmente estômago e esôfago) do que o resto da população. A alta exposição dos mesmos aos agrotóxicos frequentemente utilizados na área pode ser a explicação para esse fenômeno (FERREIRA, 2002). Essa pesquisa nasceu da necessidade de investigar as conseqüências do uso indevido desses agrotóxicos e casos de câncer em localizações específicas do corpo.

Em um país transtornado com dengue, cólera, malária, febre amarela, aids, não haveria perspectiva de desenvolver ações para uma redução imediata do problema. Porém, estes dados em realidade escondem uma triste realidade, sendo somente a ponta do iceberg que é visível.

As agências internacionais de saúde como a Organização Mundial da Saúde consideram que em países como o nosso, em que existem graves problemas de estrutura da saúde pública, ocorre um subregistro de casos de intoxicações por agentes químicos em geral, inclusive agrotóxicos. Para estes agentes as agências estimam que os casos registrados de intoxicações representem somente 2% do total de casos, ocorrendo anualmente. algumas situações que podem explicar esta limitação, tais como:

A dificuldade em fazer diagnóstico por parte dos profissionais de saúde, principalmente os médicos. É muito recente a inclusão nos currículos das escolas de medicina de disciplinas de Toxicologia que ensinam os efeitos prejudiciais à saúde de substâncias tóxicas.

Os sintomas apresentados pelos intoxicados, principalmente nas intoxicações agudas leves e moderadas, não graves e nas exposições de longo prazo, pode simular outras patologias comuns, assim dor de cabeça, mal-estar, fraqueza, tonturas, náuseas e azia, por exemplo, podem ser confundidos com outros problemas de saúde e não se estabelecer nexos com os venenos.

A dificuldade de acesso a serviços de saúde, basicamente do setor público, muitas vezes faz a pessoa permanecer em sua casa fazendo uso de medicação caseira.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, este trabalho encontra-se estruturado em etapas, tendo-se iniciado com a escolha do tema. Após a escolha do tema, este foi delimitado e foram definidas as diretrizes a serem seguidas, como também foram traçados os aspectos fundamentais a serem tratados neste trabalho. Após esta etapa, foram realizadas consultas bibliográficas sobre o assunto discutido no trabalho, além de uma pesquisa eletrônica na literatura científica utilizando as bases de dados SCIELO, MEDLINE, LILACS, na qual se utilizaram os seguintes termos para busca: agrotóxicos, inseticidas, intoxicações, colinesterase, acetilcolinesterase, butirilcolinesterase, organofosforados. Na pesquisa foram selecionados os artigos que se encaixam no propósito do trabalho. Também foi realizada uma pesquisa na literatura utilizando trabalhos científicos, a legislação pertinente.

Desta forma objetivou-se selecionar trabalhos científicos em cujos resultados se observem a incidência de intoxicações ocupacionais por inseticidas organofosforados e suas complicações, bem como demonstrar a importância do monitoramento ocupacional com exames laboratoriais (com destaque para a determinação da enzima colinesterase no sangue), para prevenir e detectar precocemente os episódios de intoxicação provocados por inseticidas organofosforados.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Foram utilizados termos indexados ao Medline, base de dados da Scielo e outros diversos sistemas de busca pela internet, relacionando Organofosforados com depressão, suicídio e contaminação. Listas de referências de artigos relevantes também foram lidas para identificar artigos adicionais. Em virtude da importância do tema, consultaram - se diretrizes nacionais (Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa) para o uso de Organofosforados, bem como livros e textos de referência.

Selecionaram-se os artigos relacionando Organofosforados com depressão, pois esse é o principal sintoma que leva indivíduos à ideação suicida. Artigos de revisão foram avaliados para identificar discordância ou não entre os autores. Os artigos que associavam Organofosforados com contaminação ambiental (solo, ar e água) também foram lidos para avaliar formas de exposição crônica, porém não foram inseridos, pois se desviam do foco deste trabalho.

2.1 HISTÓRICO E ASPECTOS GERAIS

Existem relatos de que os gregos, romanos e chineses utilizavam, já há mais de três mil anos, certos produtos químicos para o controle de insetos. O uso de produtos químicos inorgânicos para o controle de doenças e insetos é atribuído, possivelmente, aos chineses, que usaram o enxofre 1000 anos a.C além de pequenas quantidades arsenicais para matar insetos (BULL e HATHAWAY, 1986).

É interessante mencionar que alguns desses compostos continuam com excelentes resultados, como é o caso do enxofre e dos derivados do cobre, no controle de importantes problemas fitossanitários em nosso meio (ALMEIDA, 1983).

No século 17 surgiu o primeiro inseticida natural, a nicotina, retirada de folhas de tabaco. Neste mesmo século foram introduzidas a rotenona e o piretrum, que ainda hoje são utilizados como inseticidas.

Posteriormente, foram introduzidos novos materiais inorgânicos como o arsenito de cobre impuro e o arsenato de cálcio. Em meados da década de 1920, a extensiva aplicação de inseticidas arseniosos causou preocupação, porque os frutos e vegetais tratados mostravam, algumas vezes, resíduos venenosos. Esse fato estimulou a pesquisa de novas moléculas, menos perigosas, levando a introdução de compostos orgânicos como o alcatrão, óleo de petróleo.

A introdução dos ditiocarbamatos (1934) representa o início da era moderna dos agrotóxicos orgânicos sintéticos, sendo seguido pelo DDT, que

passou a ser o inseticida mais utilizado. Com o sucesso do DDT, muitos inseticidas análogos, como o metoxicloro, foram descobertos e diferentes tipos de agrotóxicos organoclorados foram desenvolvidos como potentes inseticidas de contato.

Depois apareceram os organofosforados, os quais representam outra classe importante de inseticidas orgânicos.

Embora menos agressivo ao ambiente que os praguicidas organoclorados, os organofosforados demonstraram-se altamente tóxicos a humanos e animais, sendo rapidamente absorvidos pela pele e pelas mucosas do trato gastrintestinal e do trato respiratório.

Os termos pesticidas, praguicidas, biocidas, fitossanitários, agrotóxicos, defensivos agrícolas, venenos, remédios expressam as várias denominações dadas a um mesmo grupo de substâncias químicas. Neste trabalho o termo adotado será "agrotóxico", definido segundo o decreto nº. 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamentou a lei nº. 7.802/1989, como: produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Os agrotóxicos podem ser classificados de diferentes formas, quanto a sua ação e ao grupo químico a que pertence, temos a seguinte classificação:

a) Inseticidas: possuem ação de combate a insetos, larvas e formigas... pertence a quatro grupos: organofosforados, carbamatos, organoclorados e piretróides.

b) Herbicidas: combatem ervas daninhas, seus principais representantes são: paraquat, glifosato, pentaclorofenol, derivados do ácido fenoxiacético, dinitrofenóis.

c) Fungicidas: ação de combate a fungos e os principais grupos químicos são: etileno-bis-ditiocarbamatos, trifenilestamico, captan, hexaclorobenzeno.

d) Outros grupos importantes compreendem; raticidas, acaricidas, nematicidas, molusquicidas, fumigantes.

2.2 UTILIZAÇÕES DE AGROTÓXICOS NO CONTEXTO HISTÓRICO BRASILEIRO

A entrada dos agrotóxicos no Brasil a partir da década de 1960 colocou-os definitivamente no cotidiano dos trabalhadores rurais, aumentando, assim, os riscos de adoecer e morrer, aos quais já estavam expostos. Todavia, é a partir de 1975, com o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), que cuidou da abertura do Brasil ao comércio internacional desses produtos, que ocorrerá um verdadeiro

boom na utilização de agrotóxicos no trabalho rural. Nos termos do PND, o agricultor estava obrigado a comprar tais produtos para obter recursos do crédito rural. Em cada financiamento requerido, era obrigatoriamente incluída uma cota definida de agrotóxicos (GARCIA, 1996; MEIRELLES, 1996; SAYAD, 1984) e essa obrigatoriedade, somada à propaganda dos fabricantes, determinou o enorme incremento e disseminação da utilização dos agrotóxicos no Brasil (GARCIA, 1996; MEIRELLES, 1996).

Aquela política de crédito integrou o movimento conhecido como Revolução Verde, iniciado nos Estados Unidos da América com o objetivo de aumentar a produtividade agrícola a partir do incremento da utilização de agroquímicos, da expansão das fronteiras agrícolas e do aumento da mecanização da produção.

No Brasil, a Revolução Verde se deu através do aumento da importação de produtos químicos, da instalação de indústrias produtoras e formuladoras de agrotóxicos e do estímulo do governo, através do crédito rural, para o consumo de agrotóxicos e fertilizantes (MEIRELLES, 1996).

2.3 UTILIZAÇÕES DE AGROTÓXICOS NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS.

O uso ideal de agrotóxicos exige que para atingir o efeito desejado sejam aplicados de uma maneira determinada, com cuidado de identificar a praga específica que está provocando danos na cultura. O agricultor deve decidir se o prejuízo justifica o gasto em tempo e dinheiro necessário para contra-atacá-lo e se a pulverização de um produto químico é o melhor método. Então, o agrotóxico adequado deve ser aplicado nas quantidades corretas, no momento mais

apropriado, na sua preparação, aplicação e lavagem dos equipamentos, assim como na sua armazenagem, os agricultores devem seguir uma série de precauções.

2.3.1 O USO EXCESSIVO

O uso excessivo de agrotóxicos se constitui quando as doses de aplicação estão acima do recomendado pelo menos nas bulas, já que a orientação dos vendedores pode até estimular tal sobre uso. As aplicações muitas vezes são fundamentalmente de caráter preventivo, realizadas de forma periódica, sem que os agricultores esperem sintomas de ataques das pragas. Grande parte das aplicações preventivas é avaliada como desnecessárias pelos agrônomos, sendo possível esperar algumas manifestações de pragas, fungos ou doenças para aplicar os agrotóxicos sem chegar a comprometer o rendimento de forma significativa.

Uma prática comum entre os agricultores é a pulverização com mais de uma fórmula, combinando-se inseticidas com fungicidas, dois ou mais de cada um deles. Isto é particularmente perigoso porque as combinações podem dar lugar a novas formulações químicas, de efeitos desconhecidos, e também podem neutralizar os efeitos desejados de um produto determinado, levando a que se pulverize novamente a área alvo.

Os agricultores também costumam misturar fórmulas equivalentes, implicando isto não só num gasto desnecessário, como num aumento dos efeitos dos efeitos tóxicos das pulverizações.

Entre outras práticas agrícolas que levam ao uso excessivo contam-se: aplicação freqüente em períodos durante os quais ainda o efeito residual da aplicação anterior do mesmo agrotóxico está ativo, sem prestar atenção aos períodos de carência; bico de pressão dos pulverizadores não ajustados, permanecendo numa determinada posição para as diversas aplicações, o que leva a que se apliquem agrotóxicos em doses maiores que as necessárias; aplicação em horários de alta evaporação ou em dias ventosos; aplicação de agrotóxicos não apropriados para as pragas ou doenças que se quer combater e volume errado da calda aplicada por unidade de área pulverizada.

2.3.2 O USO INSEGURO

Existe um grau de insegurança inerente a qualquer manipulação de produtos tóxicos, mas este pode estar mais ou menos controlado, dependendo do respeito ou não as recomendações de manipulação, preparação das caldas e aplicação.

O que se observa como parte de um problema geral, é a não utilização de equipamentos de segurança, o que inclui o não uso de botas, luvas, calças, jalecos, máscaras, chapéus, viseiras, etc. o não cuidado com os vasilhames, que envolve tanto o depósito do que será usado como o destino dos já usados.

Outras práticas não recomendadas, mas observadas entre os trabalhadores rurais incluem o ato de comer, beber ou fumar durante a aplicação, além de uma alimentação não adequada e o descuido com as roupas utilizadas na pulverização

no seu manuseio posterior, preparação da calda dos agrotóxicos mexendo as mesmas com as mãos.

As práticas que comprometem os cursos de água são diversas, intencionais e não intencionais. Lavam-se equipamentos de pulverização nos rios e este também serve de destino aos vasilhames e embalagens de agrotóxicos. A isto também se soma à lavagem do solo contaminado por ação das chuvas ou irrigações, que se depositam nos rios.

Um dos aspectos agravantes das contaminações durante o trabalho de pulverização é a não observação das práticas recomendadas pela Andef no seu Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários, que contempla técnicas de segurança e higiene ocupacional.



Figura 1 – Aplicação de agrotóxico com sistema mecanizado



Figura 2 – Aplicação de agrotóxico com sistema mecanizado

2.4 AGROTÓXICOS ORGANOFOSFORADOS E OS AGRAVOS À SAÚDE HUMANA.

Os agrotóxicos organofosforados são compostos que apresentam mecanismo baseado na inibição da enzima acetilcolinesterase, com variado grau de toxicidade para o ser humano.

Além do grande emprego como pesticidas, alguns organofosforados tem potencial medicamentoso, com ações que os tornaram passíveis de serem utilizados no tratamento do glaucoma e da miastenia gravis, embora sejam subutilizados, por serem medicamento de risco, tendo sua dose tóxica próxima à dose terapêutica.

Estes compostos são ainda utilizados em saúde pública no controle de vetores como o da malária (Namba e col. 1971, Carlton, Haddad e Simpson, 1998) e vetores de outras doenças, como a dengue.

As enzimas acetilcolinesterase estão presentes na transmissão de impulsos nervosos em diversos órgãos e músculos. Quando ocorre uma contaminação por organofosforado, há uma ligação entre essas enzimas e o veneno, impedindo que as mesmas realizem sua função, havendo então uma série de sintomas e sinais clínicos. Os agrotóxicos organofosforados causam basicamente três tipos de seqüelas neurológicas, após uma intoxicação aguda ou devido a exposições crônicas: polineuropatia retardada, síndrome intermediária e efeitos comportamentais.

Polineuropatia retardada: tem sido descrita pela organophosphate induced delayed neuropathy (OPIDN). É resultado do efeito de uma inibição da enzima acetilcolinesterase, durante o episódio de uma intoxicação aguda por certos

organofosforados que causam inibição irreversível daquela enzima, conforme Holmsted, Cavanagh, Johnson, Abou-Donia, Lapadula, Hollinghaus e Fukoto. Pode também resultar de efeito cumulativo por exposição crônica, mesmo em pessoas que jamais vivenciaram uma intoxicação aguda.

Ela aparece duas a três semanas após a intoxicação aguda, sendo o tempo de aparecimento nas exposições crônica menos possível. O processo é desencadeado quando o processo da fosforilação de uma proteína do sistema nervoso chamada esterase neurótica (NTE) ocasiona sua inibição em níveis superiores a 70%.

A apresentação clássica destas neuropatias inclui fraqueza progressiva e ataxia das pernas, podendo evoluir até uma paralisia flácida. Se por um lado, as lesões dos nervos periféricos das pernas podem regredir e estabilizar os danos na coluna vertebral podem persistir como espasmos, ataxia e quadriplegia. Os jovens parecem ser mais resistentes à OPIDN e podem se recuperar completamente, enquanto que a recuperação em adultos é menor.

Síndrome intermediária: tem sido descrita pelo termo intermediate syndrome e foi relatada por Senanayake e Karalliede em 1987. Ela aparece após a recuperação da crise colinérgica e antes de um esperado aparecimento da OPIDN (de um a quatro dias após o envenenamento).

O sintoma principal é uma paralisia que afeta principalmente músculos flexores do pescoço, músculos das pernas e músculos respiratórios. Acontece também uma diarreia intensa, com perda severa de potássio, complicando ainda mais o quadro de envenenamento.

Ao contrário da polineurite retardada (OPIDN), esta síndrome apresenta risco de morte devido à depressão respiratória associada. O processo fisiológico desta síndrome parece ser diverso dos que caracterizam a crise colinérgica (sintomas da intoxicação aguda) e as neuropatias retardadas, sugerindo que a intoxicação humana por organofosforados apresenta um efeito trifásico (três diferentes situações clínicas).

Os compostos organofosforados comumente envolvidos com a Síndrome Intermediária são: Fenthion, Dimethoate, Monocrotophos e Metamidophos.

Efeitos comportamentais: Considerados como efeitos subagudos, resultantes de intoxicação aguda, ou de exposições contínuas, a baixos níveis de agrotóxicos organofosforados, que se acumulam através do tempo, ocasionando intoxicações leves e moderadas (GALLO. MA.; LAWRIK,N.J.1990).

Eles se apresentam, em muitos casos, como efeitos crônicos sobre o Sistema Nervoso Central, especialmente do tipo neurocomportamental, como insônia ou sono conturbado (com excesso de sonhos e/ou pesadelos), ansiedade, retardo de reações, dificuldade de concentração e uma variedade de seqüelas psiquiátricas: apatia, irritabilidade, depressão e esquizofrenia. O grupo prevaiente de sintomas compreende perda de concentração, dificuldade de raciocínio e, especialmente, falhas de memória. Os quadros de depressão também são freqüentes, conforme a Organização Mundial de Saúde (ROSENSTOCK, L e col, n.18,1990).

Tabela 1 - Variáveis comportamentais que podem ser afetadas pela exposição a OP

Variável Comportamental	Prejuízo
1. Cognição (formação de símbolos)	Processamento de informações, velocidade psicomotora e memória.
2. Fala	Performance e percepção
3. Estado emocional	Tendências aumentadas a: depressão ansiedade instabilidade

Fonte: OMS, 1987.

Os experimentos realizados em animais têm sugerido que, após uma exposição controlada, eles se tornam tolerantes a organofosforados, provavelmente porque houve diminuição de receptores muscarínicos, tanto no sistema nervoso central como no periférico. Isto é resultado, possivelmente, de uma adaptação à inibição prolongada da acetilcolinesterase (WORD. HEALTH ORGANIZATION, 1987). A inibição prolongada e a diminuição de receptores causariam os efeitos comportamentais descritos acima.

Por outro lado, estudos experimentais e relato de casos humanos têm demonstrado que várias funções cerebrais superiores, incluindo a memória, podem ser afetadas, tanto por lesões químicas do cérebro, como pelo bloqueio da transmissão colinérgica. Pela diminuição da densidade destes mesmos receptores, o envelhecimento dos indivíduos também tem importante papel neste processo. (COSTA, L.G e col, n.217, 1982).

Robert Rodnitzky, da Universidade de Iowa, em estudo epidemiológico realizado com trabalhadores expostos a organofosforados conclui que “a intoxicação resulta em substanciais disfunções do Sistema Nervoso Central, incluindo ataxia, tremores, vertigens, convulsões, coma, ansiedade, confusão,

irritabilidade, depressão, falhas de memória e dificuldade de concentração”. Gherson e Shaw reportam síndromes esquizofrênicas às exposições com organofosforados.

Na década de 60, o médico argentino Emílio Astolfi, relacionou o uso de organofosforados na região do Chaco (região fumicultora na Argentina), com o incremento dos suicídios entre aqueles agricultores.

Bibliografia militar inglesa afirma que as armas químicas organofosforadas causam depressão e alterações do comportamento levando soldados, expostos aos gases tóxicos durante a Segunda Guerra Mundial, ao suicídio, até cinco anos depois.

2.5 LEGISLAÇÃO ATUAL DOS AGROTÓXICOS

As descobertas dos agrotóxicos, bem como de suas toxicidades, e o aumento do número de intoxicações, levaram a necessidade, ao longo da história, da criação de leis que estabelecessem seus usos, e regras de segurança a fim de se diminuir o impacto sobre o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores rurais nos diferentes países.

Através da exigência de bula e do rótulo para a comercialização dos agrotóxicos, tais objetivos puderam ser alcançados. (MARTINEZ et al. 2005).

Em vários países, para se comercializar ou vender agrotóxicos, estes devem primeiramente ser aprovados por uma agência governamental regulamentadora.

Para reforçar a segurança no uso destes produtos, o Governo Federal, publicou o Decreto nº 3.964, de 21 de dezembro de 2000, que obriga as indústrias a registrar componentes de matérias-primas, ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação dos agrotóxicos. Tais informações deverão constar no rótulo e nas bulas para informar o consumidor sobre todos os componentes contidos na formulação de um agrotóxico.

LEI 7.802/89 - LEI DOS AGROTÓXICOS

Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Art. 14 - As responsabilidades administrativas, civil e penal, pelos danos causados à saúde das pessoas e ao meio ambiente, quando a produção, a comercialização, a utilização e o transporte não cumprirem o disposto nesta Lei, na sua regulamentação e nas legislações estaduais e municipais, cabem:

- a) ao profissional, quando comprovada receita errada, displicente ou indevida;
- b) ao usuário ou a prestador de serviço, quando em desacordo com o receituário;
- c) ao comerciante, quando efetuar venda sem respectivo receituário ou em desacordo com a receita;
- d) ao empregador, quando não fornecer e não fizer manutenção dos equipamentos adequados à proteção da saúde dos trabalhadores.

DECRETO Nº 4074

“Regulamenta a Lei nº. 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a

importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências”.

Em 2002, através do decreto nº. 4074, em seu capítulo II, referente a competências, o item IV determina: “estabelecer parâmetros para rótulos e bulas de agrotóxicos e afins”. E em seu capítulo IV, artigos 48 e 49 também determinam à obrigatoriedade da presença de dados estabelecidos nos Anexos VIII e IX respectivamente, referentes à modelo para rótulo e para bula de agrotóxicos. Sobre rótulo, no item 1.10.2.2 dito Precauções relativas à saúde humana, é estabelecido que todo rótulo deva conter na sua coluna central, precauções de uso e recomendações gerais, quanto a Primeiros Socorros, antídotos e tratamentos, no que diz respeito à saúde humana e telefone da empresa para situações de emergência. Por sua vez, para bula, no item 1.2, é estabelecido que devam constar dados relativos à proteção da saúde humana como: mecanismos de ação, absorção e excreção para animais de laboratório ou, quando disponíveis, para o ser humano, sintomas de alarme, efeitos agudos e crônicos para animais de laboratório, ou quando disponíveis para o ser humano, e efeitos adversos conhecidos.

NORMAS REGULAMENTADORAS RURAIS

NRR-5 PRODUTOS QUÍMICOS

Esta norma trata dos seguintes produtos químicos utilizados no trabalho rural: agrotóxicos e afins, fertilizantes e corretivos.

NRR-4 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

4.2. O empregador rural é obrigado a fornecer, gratuitamente, EPI adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento.

4.5. Compete ao empregador rural, e cabe a ele exigir de seus subcontratantes de mão-de-obra, quanto ao EPI:

- instrução e conscientização do trabalhador quanto ao uso adequado;
- substituição imediata do equipamento extraviado ou danificado

NR-31 SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA AGRICULTURA, PECUÁRIA, SILVICULTURA, EXPLORAÇÃO FLORESTAL E AQUICULTURA.

31.3.3.2. Sempre que haja dois ou mais empregadores rurais ou trabalhadores autônomos que exerçam suas atividades em um mesmo local, estes deverão colaborar na aplicação das prescrições sobre segurança e saúde.

2.6 O TRABALHADOR RURAL

Nos países em desenvolvimento, em relação ao sistema de produção, de uma maneira geral, a agricultura baseia-se principalmente na organização familiar, cuja exploração em grande parte é voltada para a subsistência. Quanto aos países desenvolvidos, a agricultura se transformou em uma atividade comercial, em que a produção dos alimentos se integra a transformação, a comercialização e a distribuição, formando, assim, o chamado sistema agroindústria (ABRAMOVAY, 1992; OIT, 2001). No Brasil, de acordo com Gehlen (2004) parte da agricultura familiar brasileira modernizou-se, incorporando tecnologias e entrando num mercado de competitividade e de profissionalização.

Em 2008 está sendo divulgado que no Brasil cerca de 4 milhões de trabalhadores rurais fazem parte do grupo dos trabalhadores da agricultura familiar e que esta fatia do mercado produtor agrícola produz 70% de toda safra de alimentos.

No que se refere às relações de trabalho, nas unidades produtivas familiares, vários tipos são observados, com destaque para a parceria do tipo meagem, o trabalho temporário, na forma de diarista, o arrendamento e o proprietário produtos. Estas relações não se apresentam de forma isolada e nem estanque, encontrando-se proprietário que é também arrendatário; meeiro de meeiro, entre outras combinações (SILVA, 2000). No caso da agroindústria, sua principal característica é o trabalho assalariado na forma de contratação direta ou da terceirização da força de trabalho.

No Brasil, problemas sociais como a urbanização acelerada e desorganizada verificada desde 1970 trouxe importante contribuição para a situação ora vigente no ambiente rural brasileiro, geralmente caracterizado pela falta de saneamento básico, suprimento de água potável, transporte, etc.

De 1970 a 1996, o percentual de brasileiros residentes em áreas rurais diminuiu de 45 para 12%. Em alguns estados como Rio de Janeiro e São Paulo, tal situação é ainda mais grave: cerca de 90% da população vive em áreas urbanas (MMA, 1996).

O governo brasileiro tem, consistentemente, dado muito pouca atenção a esses problemas, optando por concentrar esforços na solução de problemas de ordem política e/ou econômica. Ao mesmo tempo, incentiva continuamente o aumento da produção agrícola, uma vez que a exportação de produtos agropecuários é responsável por 39% da balança comercial brasileira (MMA, 1996).

Esses fatores fizeram com que um grupo cada vez menor de agricultores, na sua maioria despreparado e não-assistido, fosse responsável por uma produtividade cada vez mais elevada, conseguida, na grande maioria das vezes, com a utilização crescente de agrotóxicos e fertilizantes.

3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO

Para uma comprovação dos efeitos das intoxicações será descrito um método de avaliação apresentando um resumo de um trabalho que especifica a contaminação por organofosforado Metamidophos comercialmente denominado Tamarón. "Avaliação da Exposição de trabalhadores a agrotóxicos: contribuições

para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico” Elia Tie Kotaka, Campinas, SP, 2005.

3.1 EXPOSIÇÃO AOS AGROTÓXICOS ORGANOFOSFORADOS

A exposição a concentrações elevadas de organofosforados pode produzir efeitos que persistem por vários meses e incluem súbitas alterações das funções neurocomportamentais, cognitivas e neuromusculares. Isso foi descrito como uma desordem neuropsiquiátrica crônica induzida por organofosforados. Outros tipos de efeitos neurocomportamentais tardios têm sido relatados entre pessoas expostas a baixas doses de Organofosforados por prolongados períodos. Levin et al.³⁰ encontraram alto nível de ansiedade em desinsetizadores, mas não em agricultores. Behan et al.¹ observaram que a exposição crônica a baixas concentrações de organofosforados desencadeava uma síndrome psicológica semelhante à síndrome da fadiga crônica. Salvi et al.⁴³ realizaram avaliações clínicas, neuropsiquiátricas e laboratoriais em fumicultores e evidenciaram que a exposição crônica a baixos níveis desses compostos pode produzir sintomas neuropsiquiátricos, mesmo em níveis normais de atividade da enzima acetilcolinesterase. O estudo reforça a necessidade de outros parâmetros, que não a determinação enzimática, para monitorizar as conseqüências da exposição crônica a baixas concentrações de organofosforados.

Intoxicações agudas ou uma exposição longa a organofosforados deixam seqüelas neurocomportamentais que podem evoluir para um quadro de depressão. Esse quadro, aliado a uma série de problemas econômicos e sociais,

poderia levar ao suicídio. As lesões causadas ao cérebro pelos organofosforados podem deixar seqüelas como apatia, irritabilidade, perda de concentração e memória; problemas que podem evoluir para depressão e chegar ao suicídio. Pessoas mais desequilibradas emocionalmente têm risco maior de se intoxicar, pois se protegem menos, expõe-se mais e têm uma atitude mais auto-agressiva (GIRALDI, 2002).

O Metamidophos, ou Tamarón, é um organofosforado de ação sistêmica que age por contato, ingestão ou de forma sistêmica. Esse inseticida e acaricida, hoje é comercializado como Classe II, isto é, "altamente tóxico". O registro original era Classe I, "extremamente tóxico", alterado devido a uma Portaria do Ministério da Saúde a partir de 1992. O agrotóxico é produzido pela Bayer. Em 1975 a Organização Mundial da Saúde (OMS) elaborou o primeiro protocolo (WHO protocol) para a avaliação da exposição aos produtos organofosforados, incluindo o método do uso de absorventes para medir a exposição dérmica. Em 1982, a OMS revisou o método para que pudesse ser utilizado com todos os pesticidas e incluíram um método alternativo para a quantificação da exposição dérmica – o método do corpo total e o monitoramento biológico (OECD, 1997).

Novos estudos e a elaboração de diretrizes para a avaliação da exposição foram realizados, salientando-se os seguintes:

- FENSKE (1986; 1990) desenvolveu o método com o uso de corantes ou traçadores fluorescentes, que se depositam na pele e podem ser visualizados, por imagem de vídeo.

- LUNDEHN e WESTPHAL (1992) apresentaram orientações e resultados de estudos realizados sobre o método com o uso de absorventes.

- A Agência de Proteção Ambiental (EPA, 1992), dos Estados Unidos da América, publicou as Guidelines for exposure assessment, em que descreve os principais aspectos e objetivos da avaliação da exposição.

- A EPA (1996), em suas diretrizes Occupational and residential exposure test guidelines, orientou sobre a dosimetria passiva e o monitoramento biológico e, ao mesmo tempo, referiu que [...] “pouco progresso foi feito para desenvolvimento de nova metodologia após Durham e Wolfe” (EPA, 1996).

- CHESTER (1996) apresentou na Conferência sobre a avaliação do risco a substâncias agroquímicas ao ambiente e seres humanos (Environment and human health risk assessment for agrochemicals), a proposta de orientações harmonizadas para a realização de estudos de exposição dos operadores (Harmonized guidance for the conduct of operator exposure studies), focalizando os diferentes métodos existentes para a avaliação da exposição.

- A Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 1997), publicou as Diretrizes para a condução de estudos de exposição ocupacional a pesticidas durante a aplicação agrícola (Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application), focalizando os diferentes métodos de avaliação de exposição existentes apresentados por (CHESTER 1996).

No Brasil, (MACHADO NETO 1993) realizou avaliações da exposição de trabalhadores agrícolas a pesticidas, utilizando a dosimetria passiva pelo método do uso de absorventes (MACHADO; MATUO, 1993, apud TREVISAN, 2002; MACHADO, 1997).

A avaliação da exposição dérmica empregando a dosimetria passiva pelo método do corpo total concomitante com o monitoramento biológico, com o uso de biomarcadores, ainda não foi descrita no Brasil, o que justifica a análise da metodologia.

As orientações para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total associada ao monitoramento biológico, para a avaliação da exposição de trabalhadores agrícolas aos agrotóxicos merecem considerações como contribuição para a regulamentação do Decreto no 4.074/02.

O Ministério da Saúde, através da ANVISA, solicitou a reavaliação de vários produtos e pela Resolução 6/2000, incluiu a avaliação da exposição dos Metamidofós durante a sua aplicação com sistema mecanizado, manter a autorização do seu uso em cultura de tomate rasteiro, realizada utilizando-se a dosimetria passiva pelo método do monitoramento biológico.

3.2 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A definição de exposição como “o contato de um agente biológico, químico ou físico com a parte externa do corpo humano, tais como a pele, boca ou narinas”. (IPCS, 2000), foi discutida no Projeto conjunto de harmonização-avaliação de exposição do IPCS – subgrupo de terminologia. Dessa discussão

resultou nova definição de exposição: “o contato entre um agente e o alvo” (IPCS, 2002).

A simples presença de uma substância perigosa no ambiente não representa risco à saúde da população ou do indivíduo. É preciso que ocorra a exposição, o contato com o agente para que ocorram eventos que podem resultar em danos à saúde.

Para melhor compreender a exposição é importante lembrar que existem eventos-chave (IPCS, 1993; IPCS, 2000), que devem ser considerados quanto aos agentes e seu contato com os indivíduos:

- a) Fonte: origem do agente para entrar no ambiente.
- b) Caminho: curso físico percorrido à medida que ele se move, da fonte. até o contato com as pessoas.
- c) Concentração da exposição: quantidade do agente transportado até o ponto de contato com a superfície do corpo.
- d) Vias de exposição: maneiras como os agentes penetram no organismo. As principais são: dérmica, inalatória e oral.
- e) Entrada (intake): está associada às vias de exposição oral e inalatória. O agente penetra no organismo, geralmente, pela boca ou narinas.
- f) Absorção (uptake): está associada à via dérmica de exposição. Pode ser também a absorção que ocorre no trato gastrointestinal ou nas vias respiratórias, após a penetração do agente no organismo. O uptake supõe, também, a absorção pelos olhos.

g) Dose: é a quantidade que entrou no organismo. Pode ser classificada em:

g1. Dose potencial: quantidade ingerida, inalada ou aplicada na pele;

g2. Dose aplicada: quantidade que entra diretamente em contato com as barreiras de absorção do corpo: pele, trato respiratório ou trato gastrointestinal e que, portanto, está disponível para absorção;

g3. Dose interna: quantidade absorvida, portanto, disponível para o metabolismo, o transporte, o armazenamento ou a eliminação pelo organismo;

g4. Dose distribuída: porção da dose interna que atinge o tecido alvo;

g5. Dose biologicamente efetiva: parte da dose distribuída que alcança o alvo causando ação tóxica.

A estrutura do modelo atual de avaliação da exposição pressupõe a existência de ajustamentos necessários para a proteção da saúde e poderá vir a ser redesenhada conforme as observações no trabalho vivo em ato (MEHRY, 2001), isto é, durante as atividades dos trabalhadores, procurando-se observar os pontos mais vulneráveis. Os procedimentos de rotina podem vir a ser corrigidos, para que sejam incrementadas as medidas que ofereçam maior proteção à saúde da população, com base nas constatações durante o trabalho.

A exposição somente poderá ocorrer se a substância química estiver disponível para o contato com as barreiras externas do organismo (CORREA e col, 2003). A exposição ocorre principalmente pelas vias oral, dérmica e inalatória, resultando em uma dose interna que, ao atingir o órgão ou célula-alvo, produzirá efeitos adversos, que podem ser reversíveis ou irreversíveis (GIL, 1998).

A vinculação entre a dose biologicamente efetiva (alvo) e os efeitos subseqüentes, depende da relação dose-resposta. Nessa ligação, devem-se considerar também os mecanismos farmacodinâmicos e os fatores de suscetibilidade (IPCS, 2000).

Dois conceitos importantes sobre os efeitos no organismo devem ser lembrados: o efeito biológico, que é a resposta mensurável da dose nas moléculas, células ou tecidos; e o efeito adverso, que é o efeito biológico que causa alteração morfológica, fisiológico crescimento, desenvolvimento ou tempo de vida, que resultam em danos à capacidade funcional (IPCS, 2000). Seguindo esta linha de raciocínio, MUTTI (2001) refere que não existirá risco, exceto se os níveis de exposição vierem a exceder o limiar de aparecimento de efeitos adversos.

A avaliação da exposição constitui passo indispensável para a avaliação do risco toxicológico. Ela permite determinar tanto a natureza como a extensão do contato, ocorrido ou previsto, das substâncias químicas com o organismo vivo em diferentes condições, mas também a sua magnitude e importância à saúde pública (IPCS, 1999). No processo de avaliação deve-se identificar e definir, também, as exposições que ocorrem ou cujas ocorrências podem ser previstas nas populações humanas (IPCS, 2000), além de medir a eficiência e eficácia das barreiras de proteção.

A avaliação da exposição envolve a descrição qualitativa e a estimativa quantitativa do contato do agente com o corpo (exposição) e sua penetração no organismo (dose) (IPCS, 2000). Ela pode ser abordada como a estimativa

qualitativa e quantitativa do contato dos agentes com o organismo (USEPA, 1992, apud TREVISAN, 2002; CORRÊA e cols., 2003).

As quantificações da exposição dos indivíduos aos agentes considerados perigosos podem ser feitas pela sua mensuração ou por estimativa, com o uso de modelos (IPCS, 1993). Elas devem estar apoiadas na coleta dos dados disponíveis sobre: as vias de penetração no organismo; a duração, a magnitude e a frequência da exposição; a distribuição da exposição nos indivíduos e na população em geral (IPCS, 2002).

A quantificação da exposição poderá ser realizada, também pela pesquisa dos resíduos que entraram em contato com o indivíduo (dosimetria passiva) ou dos resíduos, metabólitos ou efeitos no organismo (monitoramento biológico). A avaliação realizada desta maneira constitui processo custoso e por isso deve ter definido claramente o propósito de sua realização. Segundo o IPCS (2000), entre os propósitos definidos salientam-se: a epidemiologia ambiental, a avaliação do risco e o gerenciamento do risco.

A pesquisa relacionada à exposição implica na busca do conhecimento sobre diferentes tópicos, que devem ser considerados no planejamento do seu estudo: identificação da substância química, forma de apresentação (formulação), o modo de aplicação, as principais vias de penetração no organismo, a duração e a quantidade do contato com o indivíduo, a população alvo da exposição e, finalmente, o tipo de interação que pode ocorrer entre a substância e o organismo.

Nesta linha de abordagem constituem aspectos importantes o conhecimento e a escolha de eventos que permitam auxiliar na avaliação da exposição e na seleção do marcador biológico, tais como:

- o tipo de formulação e a toxicidade da substância química, em especial quanto ao metabolismo, aos órgãos mais vulneráveis e às vias de eliminação;
- a frequência, a intensidade e a duração da exposição;
- as vias mais prováveis de exposição (oral, dérmica ou inalatória) e os principais efeitos adversos agudos, em caso de intoxicação;
- a duração da exposição (jornada de trabalho), o modo de aplicação do produto, a dose e o número de aplicações, a utilização de equipamentos de proteção individual;
- o tamanho, a natureza e as características da população;
- os hábitos pessoais da população em estudo;
- outras condições que podem afetar a exposição, tais como os hábitos e as suscetibilidades individuais.

A exposição ocupacional aos agrotóxicos na lavoura pode ocorrer durante as atividades de mistura, carga, aplicação ou reentrada na cultura tratada.

As diferentes etapas do trabalho agrícola podem representar riscos de exposição aos agrotóxicos concentrados ou diluídos (SPEAR, 1991, apud TREVISAN, 2002):

- a) Mistura que é o ato de dissolver o agrotóxico com água: o contato pode ser com o produto concentrado ou já dissolvido;
- b) Carga, quando se leva o produto dissolvido e o coloca nos tanques dos equipamentos de aplicação: o contato será com o produto dissolvido;
- c) Aplicação, quando se realiza a atividade de aplicar o produto na lavoura, seja com equipamento individual de aplicação ou com tratores: o contato será com o produto dissolvido;
- d) Reentrada, quando o trabalhador retorna à lavoura tratada, para a atividade de colheita ou de inspeção: o contato que ocorre será com os resíduos do produto aplicado.

A exposição pode ser avaliada diretamente por meio de abordagens diferentes, tendo como referência o agente e o seu contato com o indivíduo (EPA, 1992; IPCS, 1999): no ponto de contato do agente com o organismo; pela estimativa no cenário em que ocorre a exposição; ou pela reconstrução dos fatos relacionados à exposição.

Segundo as abordagens acima referidas, a exposição será avaliada de três maneiras: no primeiro caso a avaliação será feita com o uso de instrumentos que coletam o agente à medida que ocorre seu contato com o indivíduo; no segundo, a medição será feita pela combinação de informações sobre a concentração do produto no ambiente e o tempo em que ocorre o contato com a pessoa; e, finalmente, a avaliação procurará reconstruir a magnitude da exposição ocorrida, a

partir de indicadores internos (biomarcadores), que são as relações farmacocinéticas e farmacodinâmicas do xenobiótico com o organismo biológico.

Os métodos de monitoramento mais usados na avaliação da exposição podem ser categorizados em abordagens direta e indireta, considerando-se o indivíduo inserido no ambiente. Para o IPCS (2000), as abordagens quantitativas de exposição podem ser feitas de dois modos: direta ou indiretamente. O ideal seria utilizar sempre as medições diretas da exposição, pois elas representam à maneira de estabelecer, inequivocamente, que os indivíduos foram expostos aos agentes ambientais específicos e em que extensão isso ocorreu (IPCS, 2000).

A avaliação direta consiste no monitoramento individual efetuado nos pontos de contato, empregando-se monitores pessoais para detecção do contato dérmico ou inalatório, o cálculo do consumo de alimento e a mensuração dos indicadores biológicos de exposição. A avaliação indireta consiste no monitoramento ambiental, com o uso de modelagens ou de questionários para estimar a exposição.

De acordo com as diretrizes da OECD contidas no Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application, a exposição dos trabalhadores e as doses absorvidas podem ser mensuradas, diretamente, por meio da dosimetria passiva e pelo monitoramento biológico (OECD, 1997).

Para o IPCS (1993), os métodos para avaliar a exposição com o uso de biomarcadores, mensurando os efeitos biológicos ou adversos resultantes da

interação entre o agente químico e o organismo, podem ser enquadrados em duas categorias:

- Na primeira, medem-se os níveis dos xenobióticos, seus metabólitos ou os produtos derivados, que se encontram nas células, nos fluidos orgânicos ou nos excreta;
- A outra consiste na mensuração das respostas biológicas, tais como as alterações citogenéticas ou fisiológicas.

3.3 DOSIMETRIA PASSIVA

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA), a dosimetria passiva pode ser definida como a “estimativa da quantidade de substância química encontrada na superfície da pele ou disponível para ser inalada mensurada através de equipamentos de coleta adequados” (EPA, 1996).

3.4 EXPOSIÇÃO DÉRMICA

A exposição dérmica é o contato da substância química com a pele.

Ela é quantificada pela dosimetria passiva, mensurando-se a quantidade de resíduos encontrados nas roupas protetoras que, nesse caso, serão denominadas de dosímetros. Ela pode, também, ser realizada pela observação da quantidade depositada diretamente na pele, através do uso de traçadores especiais.

A avaliação da exposição dérmica pela dosimetria passiva pode ser realizada, utilizando-se os seguintes métodos: uso de absorventes (patch method),

o método do corpo total (whole body method) e o método com o uso de traçadores fluorescentes ou corantes.

3.4.1 Métodos de avaliação da exposição dérmica pela dosimetria passiva

3.4.1.1 Método do uso de absorventes (*patch method*)

A avaliação da exposição pelo método do uso de absorventes (*patch method*) é realizada com a colocação de absorventes, por fora e por dentro das roupas, em pontos previamente definidos (Figura 3). Os resultados obtidos são extrapolados para a parte do corpo correspondente. Ela parte do princípio de que os resíduos depositados no absorvente ocorreram de modo uniforme em todo o segmento correspondente do corpo (CHESTER, 1996).

Segundo CHESTER (1996), as principais desvantagens do método do uso de absorventes são: a necessidade de realizar extrapolações; os resultados se apresentarem além ou aquém da exposição real, tendo em vista que os absorventes podem não capturar a substância de modo uniforme; e o fato dos absorventes serem colocados, comumente, nos pontos mais passíveis de ocorrer o contato.

Tabela 2 – Localização dos absorventes para medir a exposição dérmica em áreas que representam as principais regiões do corpo, no método do uso de absorventes, segundo a EPA.

Área do corpo de interesse	Absorventes representativos da área do corpo
Cabeça totalmente desprotegida ¹	Ombros, tórax e costas ²
Face	Tórax
Pescoço	Tórax e costas
Membros superiores	Ombros e antebraço/parte superior do braço
Antebraços	Antebraços
Mãos	Resíduos totais do enxágüe das mãos ou luvas de monitoramento usado com vistas à área das mãos
Tórax	Tórax
Costas	Costas
Coxas	Coxas
Pernas	Pernas
Pés	Se necessário, resíduos totais das meias podem ser usados sem a preocupação com a área correspondente a sua superfície.

Fonte: Occupational and residential exposure test guidelines, EPA, 1996.

1 Inclui a face.

2 A exposição da cabeça pode ser estimada usando a média dos ombros, costas e tórax ou usando absorvente na cabeça.

3.4.1.2 Método do corpo total (whole body method)

Este método procede à quantificação de resíduos de toda a roupa utilizada durante o trabalho de aplicação, manuseio ou carga da substância química. Ele mostra a ocorrência real dos resíduos nas diferentes partes do corpo, sem a suposição de que a deposição do agrotóxico será uniforme. Além disso, não

haverá necessidade de efetuar extrapolações de áreas-alvo pequenas para partes maiores.

A principal vantagem deste método é a possibilidade de diferenciar a exposição ocorrida durante as atividades diárias e a relativa contribuição das vias de exposição dérmica ou inalatória (EPA, 1996). O uso deste método também evita a necessidade de extrapolação dos resultados de área restrita para o corpo todo e a suposição de que os resíduos se depositam de modo uniforme. Por isso, acredita-se que o método oferece medida mais acurada da exposição dérmica (OECD, 1997).

Para a avaliação da exposição pelo método do corpo total (whole body method) podem-se utilizar macacões leves ou roupas similares como dosímetros, segundo a OMS (1982) e ABBOTT et al. (1987), apud OECD (1997). As roupas protetoras e os equipamentos de proteção, recomendados para a substância química em estudo, são vestidos por cima da roupa da amostragem (OECD, 1997).

A avaliação da exposição da cabeça pode ser medida com o uso de gorro, touca ou chapéu como dosímetros. A exposição das mãos será avaliada pela dosagem de resíduos nas mãos ou nas luvas protetoras; para a face e o pescoço serão utilizados chumaços de algodão ou gaze embebidos em água ou solvente que são esfregados nessas regiões após o término da atividade.

A exposição dos pés é avaliada pela análise das meias e dos protetores de sapato, calçados em cima das botas. A quantificação deve abranger tanto as áreas do corpo cobertas como as expostas, considerando que as roupas normais

de trabalho, tais como as calças e as camisetas de algodão, são absorventes, podendo permitir que os pesticidas penetrem no organismo (OECD, 1997).

Uma variação do método do corpo total envolve o uso de roupas externas e internas, que os trabalhadores utilizam normalmente (CHESTER, 1996; OECD, 1997). Essas roupas constituirão os dosímetros internos e externos, para a avaliação da exposição. Neste caso, também, as roupas protetoras ou equipamentos de proteção, recomendados para o produto, são vestidos sobre a roupa da amostragem (OECD, 1997). Este método pode ser aplicado em estudos de campo envolvendo a dosimetria e o monitoramento biológico.

A exposição da pele sob a roupa pode ser estimada pela relação entre a penetração ou a transferência de pesticida da roupa externa para a interna (CHESTER, 1996; OECD, 1997).

As roupas utilizadas, que servirão de dosímetros, devem ser confeccionadas com tecidos de algodão não-tratado, a fim de não interferir na análise dos resíduos. As roupas empregadas serão seccionadas, após o trabalho, obedecendo a esquema previamente definido (Figura 4), o que permite a determinação da distribuição da exposição.

c) Método com o uso de traçadores fluorescentes ou corantes

Um outro método para quantificar a exposição dérmica foi desenvolvido por FENSKE (FENSKE 1986; 1990, apud CHESTER, 1996; OECD, 1997). Este método consiste na utilização de traçadores fluorescentes ou corantes, que se depositam na pele ou nas roupas. Este mesmo pesquisador posteriormente

desenvolveu sua técnica para que a imagem possa ser vista em uma câmara de vídeo (Figura 5).

A principal vantagem deste método é que a pele será, diretamente, o meio de coleta da substância a que o indivíduo foi exposto. Outra vantagem é a sua utilização em treinamentos de aplicadores, porque mostra aos trabalhadores o quanto eles podem se contaminar, sugerindo mudanças em suas práticas no trabalho (CHESTER, 1996; OECD, 1997).

Este método permite a visualização dos padrões não uniformes da exposição, o que pode escapar ao método do uso de absorventes. A substância fluorescente pode ser incorporada ao agrotóxico ou pode ser utilizada em seu lugar.

3.4.2 EXPOSIÇÃO DAS MÃOS

A exposição das mãos constitui componente de grande importância no estudo da exposição dérmica, podendo ser considerada como a mais importante, segundo CHESTER (1996). Existem vários métodos que podem ser utilizados em sua realização, apresentando vantagens e desvantagens (OECD, 1997), de modo que ainda é difícil selecionar um método e recomendá-lo como o mais adequado (CHESTER, 1996).

Os principais métodos para a avaliação da exposição das mãos são os seguintes:

a) Método de lavagem das mãos:

As mãos são lavadas com solvente colocado em saco de polietileno. O saco é preso nos pulsos e as mãos são agitadas vigorosamente (OECD, 1997). Lava-se uma mão de cada vez ou, se for possível, podem ser lavadas ambas as mãos ao mesmo tempo. Após, o enxágüe a mão é lavada novamente com novo solvente em outro saco limpo. O solvente é analisado quanto à presença de resíduos.

b) Método de lavagem das mãos com água e sabão:

Este método é recomendado quando a avaliação da exposição é feita concomitantemente com o monitoramento biológico (OECD, 1997). O sabão e o volume de água devem ser padronizados. As mãos devem ser lavadas em bacias de plástico ou aço inoxidável e a água utilizada será analisada para pesquisa de resíduos.

c) Método das luvas absorventes:

São utilizadas luvas de material absorvente leve, como o algodão.

As luvas devem ser pré-testadas, quanto a eventuais presenças de resíduos. Quando são usadas luvas protetoras, as luvas de amostragem devem ser usadas por baixo. CHESTER (1996) refere que a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (US/EPA) considera que o uso de luvas Absorventes, pode resultar em superestimativa da exposição por via dérmica, porque as luvas têm maior capacidade de reter os pesticidas do que a pele.

3.4.3 EXPOSIÇÃO DA FACE E PESCOÇO.

Para a exposição da face e pescoço são utilizados como dosímetros gazes ou chumaços de algodão embebidos em água ou solventes especiais, de acordo com o produto. As gazes ou algodões serão esfregados no rosto e pescoço, após o trabalho, e acondicionados para análise de resíduos.

3.4.4 EXPOSIÇÃO DOS PÉS.

A exposição dos pés será quantificada pela dosagem de resíduos nas meias e nos protetores de sapato, que são calçados por cima das botas.

3.5 EXPOSIÇÃO INALATÓRIA.

A exposição inalatória, também, pode ser quantificada direta ou indiretamente. O órgão responsável por orientações quanto à segurança e saúde ocupacional dos trabalhadores, dos Estados Unidos da América, National Institute of Occupational Safety and Health, do National Institute of Health (NIOSH/NIH) apresenta três tipos básicos de amostragem (NIOSH, 1997):

- Pessoal – o equipamento de amostragem fica ligado diretamente ao trabalhador;
- Zona de respiração – o equipamento de amostragem é posicionado próximo à zona de respiração do indivíduo.
- Geral – o equipamento de amostragem é colocado no local de trabalho, coletando amostras do ambiente.

Existem várias técnicas para a avaliação da exposição inalatória, que foram desenvolvidas ao longo do tempo: uso de gases nos equipamentos de respiração; uso de absorventes sólidos nas máscaras; cassetes de filtros ligados a bombas de amostragem.

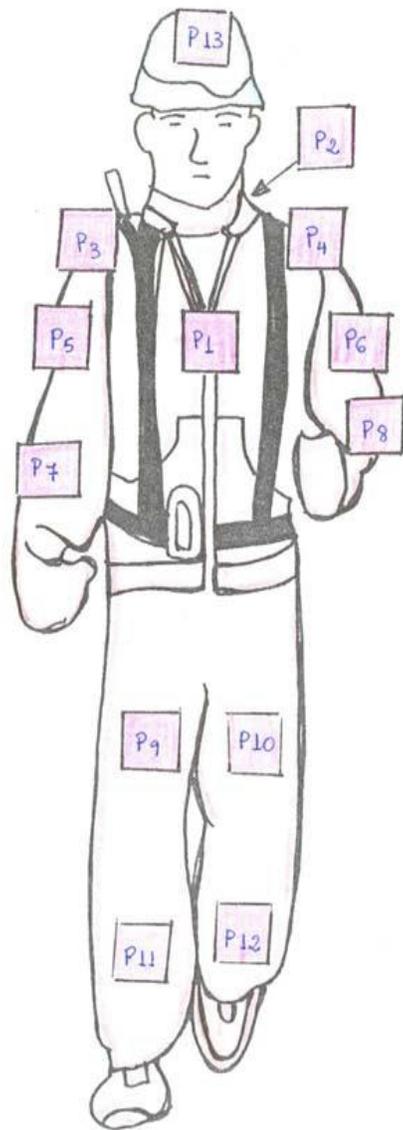
O método para amostragem de ar realizado com equipamento de monitoramento pessoal pode ser considerado como o “método de escolha para a determinação das concentrações de praguicidas veiculados pelo ar, nas zonas de respiração dos trabalhadores” (OECD, 1997). Nesse tipo de amostragem do ar, as bombas individuais são munidas de filtros especiais, que serão os dosímetros a serem analisados. O método de avaliação utilizado deve refletir a situação mais próxima da realidade e a coleta de amostras deverá ser feita na região junto à área de respiração do trabalhador (LEIDEL et al., 1977).

Verifica-se pela Tabela 3, que os diferentes métodos de dosimetria passiva, para exposição dérmica, apresentam vantagens e desvantagens. Isto pode ser visualizado de maneira detalhada nas Figuras 3, 4 e 5, que mostram de modo esquematizado os métodos do uso de absorventes, do corpo total e o do uso de traçadores fluorescentes.

Tabela 3 - Vantagens e limitações dos métodos para estimar a exposição dérmica, segundo a OECD, 1997.

Método de exposição dérmica	Principais Vantagens	Principais Limitações	Monitoramento Biológico Concomitante
Absorventes	Fácil de analisar	Pressupõe deposição uniforme	Sim
Corpo total	Não necessita correções, quanto à superfície ou tamanho da área Consome menos tempo no campo	Análise mais complicada Pode ser desconfortável para o trabalhador	Não
Varição do corpo total	Coleta a maior parte do pesticida que alcança a pele Não necessita de extrapolação para a superfície do corpo Consome menos tempo no campo	Análise mais complicada	Sim
Imagem vídeo/corante	Análise visual e quantitativa (convencional ou imagem por vídeo) Mede a exposição direta da pele (imagem por vídeo) Útil para o treinamento de aplicadores	Supõe permeação equivalente da roupa pelo corante e pesticida	Sim

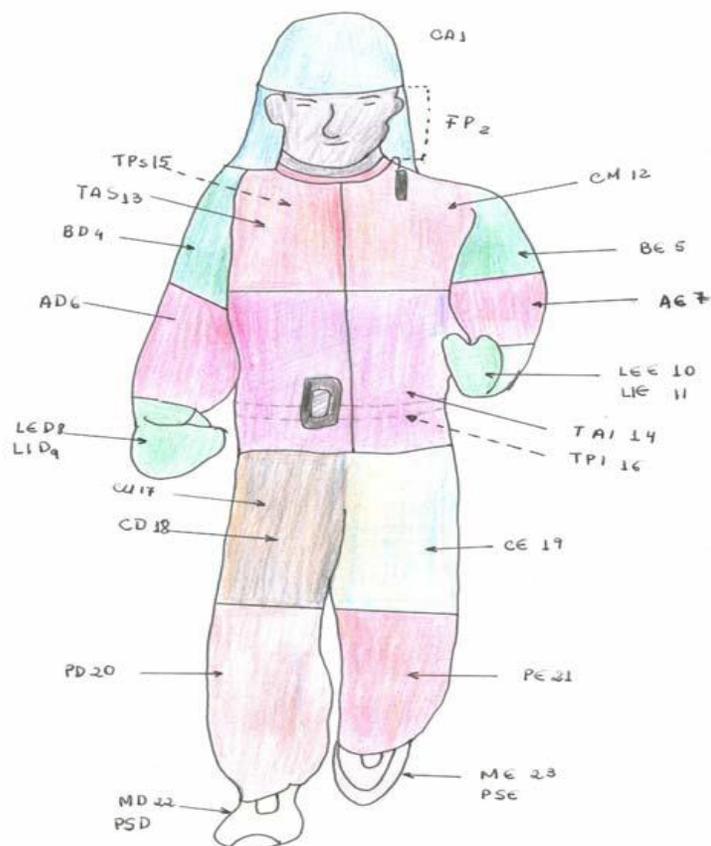
Fonte: Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application, OECD, 1997



Legenda: P1 = tórax, P2 = costas, P3 = ombro direito, P4 = ombro esquerdo, P5 = braço direito, P6 = braço esquerdo, P7 = antebraço direito, P8 = antebraço esquerdo, P9 = coxa direita, P10 = coxa esquerda, P11 = perna direita, P12 = perna esquerda, P13 = cabeça.

Figura 3 - Posição dos absorventes colocados na dosimetria passiva, pelo método do uso de absorventes.

Fonte: KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP, 2005.

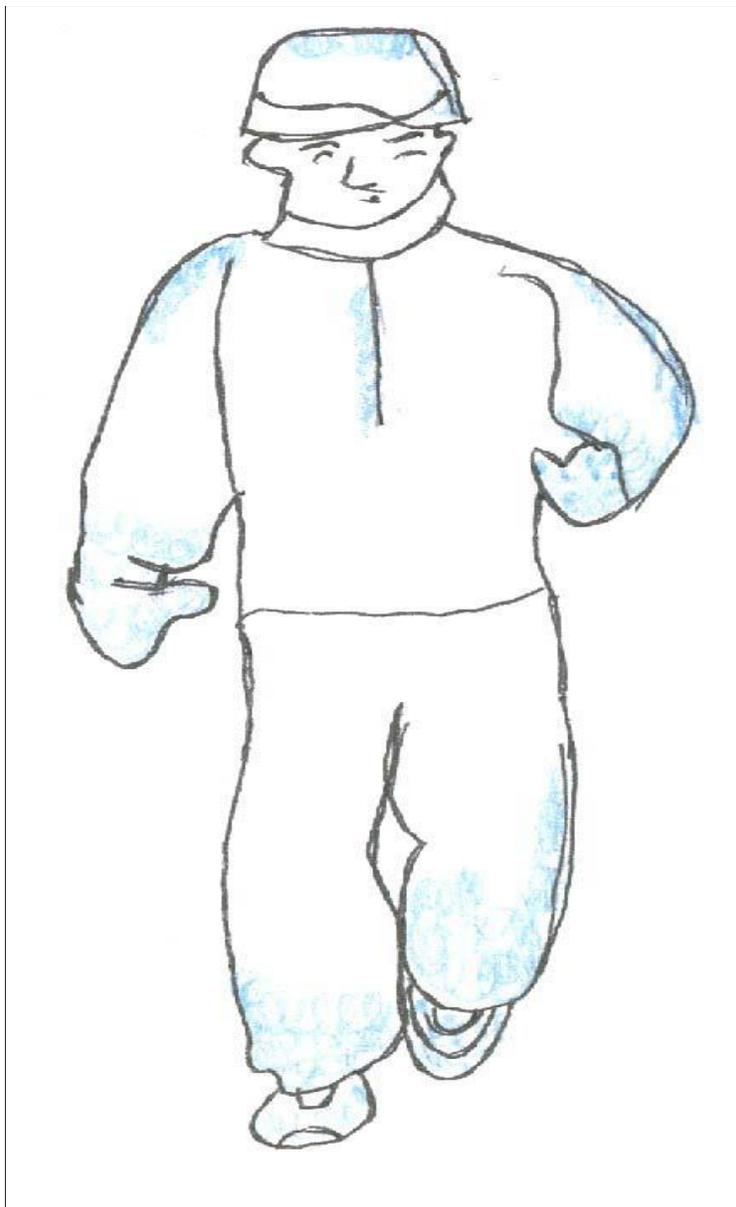


Legenda: CA = cabeça; FP = face e pescoço; BD = braço direito; BE = braço esquerdo; AD = antebraço direito; AE = antebraço esquerdo LED = luva externa direita; LID = luva interna direita; LEE = luva externa esquerda; LIE = luva interna esquerda; CM = camiseta; TAS = tronco ântero-superior; no TAI = tronco ântero-inferior; TPS = tronco pósterio-superior; TPI = tronco pósterio-inferior; CU = cueca; CD = coxa direita; CE = coxa esquerda; PD = perna direita; PE = perna esquerda; MD = meia direita; ME = meia esquerda; PSD = Protetor de sapato direito e PSE = protetor de sapato esquerdo.

Figura 4 – Códigos das regiões do corpo para identificação das amostras de roupa e do lavado de face e pescoço, utilizados método do corpo total.

Fonte: KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP, 2005.

Figura 5 – Uso de traçadores fluorescentes ou corantes mostrando possíveis pontos de acúmulo de resíduos



Fonte: KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP. 2005.

3.6 MONITORAMENTO BIOLÓGICO

É o método que permite a medição dos resíduos das substâncias químicas ou seus metabólitos nos fluidos do corpo ou ar expirado, assim como os efeitos ou alterações ocorridas no organismo, por meio dos marcadores biológicos ou biomarcadores.

A OECD (1997) refere que o monitoramento biológico consiste na avaliação da absorção de substâncias químicas pelo organismo. A quantificação dessa absorção será efetuada pela medição do resíduo das substâncias ou de seus metabólitos ou, ainda, de alterações celulares e enzimáticas nos fluidos e compartimentos orgânicos. As amostras biológicas mais utilizadas são a urina, o sangue ou o ar expirado, mas podem ser constituídas por amostras de tecidos.

O objetivo do monitoramento biológico é a quantificação da dose interna, isto é, “a mensuração dos danos ao corpo em fluidos ou tecidos selecionados ou de amostras do agrotóxico ou seus metabólitos eliminados pelo organismo” (EPA, 1996).

As alterações ocorridas no organismo e os metabólitos encontrados em decorrência da absorção dessas substâncias químicas recebem a denominação de marcador biológico ou biomarcador. Essas alterações podem ser químicas, enzimáticas, celulares ou tissulares, refletindo a interação entre o agente químico e o sistema biológico. Isto permite identificar o perigo, avaliar a exposição ou avaliar a associação entre a resposta do organismo e a probabilidade da ocorrência de uma doença.

Os biomarcadores podem ser utilizados na avaliação da exposição e suas conseqüências, não importando se a fonte se encontra nos alimentos, no meio ambiente ou se resultou de atividade ocupacional. Deste modo apresentam vantagens em relação ao monitoramento ambiental, uma vez que avaliam a absorção real e não a absorção potencial, integrando a exposição por todas as vias possíveis (OECD, 1997).

O monitoramento dos efeitos biológicos com o uso de marcadores biológicos (biomarcadores), no caso dos agrotóxicos, tem sido utilizado com mais frequência “para avaliar a exposição aos compostos organofosforados, através da mensuração da colinesterase sangüínea” (OECD, 1997).

Os efeitos biológicos avaliados com o uso de biomarcadores têm sido monitorados na indústria química há algum tempo, com vistas à avaliação dos efeitos à saúde ou de eventuais modificações nos indicadores bioquímicos devido à exposição (CHESTER, 1996). Os biomarcadores resultantes de absorção medem a quantidade de substância química que, após penetrar no organismo, é metabolizada ou excretada, assim como as alterações nas células, nos tecidos ou nas enzimas no corpo do indivíduo.

O monitoramento biológico pode ser realizado em diferentes momentos, servindo não somente para fins de diagnóstico, mas também como eventos sentinela, permitindo a detecção da ocorrência de exposição ao tóxico em sua fase inicial, antes do aparecimento de efeitos adversos graves à saúde (LEE et al. 1995).

No contexto ocupacional os marcadores biológicos proporcionam dados sobre os efeitos biológicos, bem como meios complementares para avaliar se as medidas protetoras estão sendo adequadas, inclusive quanto às práticas e às condições de trabalho.

Nesta pesquisa a substância química utilizada foi o Metamidofós, que apresenta as características descritas a seguir, o que permite a escolha do marcador biológico mais adequado. O Metamidofós está incluído entre os agentes denominados como anti-colinesterásicos (anti-ChE agents) (TAYLOR, 2001), cuja ação primária é a inibição das enzimas colinesterases, em especial a acetilcolinesterase (AChE). Essa inibição provoca o acúmulo da acetilcolina (ACh) nas junções neuromusculares, resultando na potencialização e persistência dos estímulos nervosos (HOFFMAN et al., 1999).

A inibição das colinesterases constitui biomarcador de efeito das substâncias organofosforadas, entre as quais está o Metamidofós, podendo ser detectada em amostras de sangue no plasma e nos eritrócitos. Há considerável variação da atividade normal das enzimas colinesterases, de indivíduo para indivíduo. Conseqüentemente, para que a dosagem tenha validade, o trabalhador deve ser submetido à sua medição em amostras pareadas, uma antes e outra após a exposição ao produto em estudo.

Deste modo será possível efetuar a sua comparação quanto a alterações ocorridas no biomarcador.

Outro aspecto a ser considerado na avaliação do Metamidofós é o seu metabolismo. As excreções pelo ar expirado e pela urina são mais importantes

que a eliminação pelas fezes. O monitoramento da exposição aos organofosforados pode ser realizado, também, pela determinação de metabólitos derivados do radical alquilfosfatos em amostras de urina. Os alquilfosfatos, no entanto necessitam de métodos analíticos sofisticados para sua detecção (MARONI e FERIOLI, 2001).



Figura 6 – Trabalhador auxiliado na colocação do filtro de ar.

Fonte: KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP, 2005.



Figura 7 – Trabalhador com a roupa protetora, visor facial e a bomba de amostragem de ar com filtro.

Fonte: KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP, 2005.

4 CONCLUSÃO

Os resultados disponíveis permitem afirmar que os principais fatores responsáveis pelos níveis de contaminação encontrados atualmente são a inexistência de uma política mais efetiva de fiscalização, controle, acompanhamento e aconselhamento técnico adequado na utilização destes agentes; o baixo nível de escolaridade, que torna difícil o entendimento, mesmo superficial, de informações técnicas; as práticas exploratórias de propaganda das firmas produtoras; o desconhecimento de técnicas alternativas e eficientes de cultivo; a pouca atenção dada ao descarte de rejeitos e de embalagens; e a utilização dos agrotóxicos e exposição continuada a esses produtos.

Campanhas educativas que considerem o nível educacional e intelectual dos trabalhadores rurais necessitam ser realizadas. Neste aspecto, o desenvolvimento de atividades específicas e periódicas, principalmente com as crianças, a serem realizadas nas escolas locais, certamente se constituirá num excelente modo para combater a situação encontrada em médio prazo.

Enquanto isso não for considerado uma prioridade de governo, a situação tende a se agravar e se expandir cada vez mais, ameaçando até mesmo os grandes centros urbanos próximos.

Todos os resultados demonstram claramente que a situação vigente é resultante da conjunção de vários fatores e que a intervenção unidirecional não resultará na solução para este problema.

A superação de tal quadro constitui-se num grande desafio para todos os envolvidos com a questão. Neste sentido, a idéia de uma Produção Segura, em que o processo de trabalho deve produzir, igualmente bem, produtos e saúde, parece muito interessante. Ou seja, produção, produtividade, meio ambiente e saúde das populações humanas devem ser consideradas, articuladamente num projeto de sustentabilidade, um compromisso a ser trabalhado e desenvolvido. Para tanto é necessário o exercício de uma abordagem intersetorial e interdisciplinar, envolvendo pelo menos a saúde, a agricultura, a ciência e tecnologia, o meio ambiente, a educação, o trabalho e a extensão rural. Isto coloca um grande desafio para os interessados na questão:

- Para as empresas públicas e privadas que têm a função de produzir tecnologias mais eficientes e eficazes, focando a sustentabilidade.
- Para os trabalhadores e suas entidades de representação e organizações não-governamentais, à medida que, a partir de sua vivência cotidiana, sinalizam e acompanham os impactos de tais tecnologias, considerando a produção, a produtividade, o meio ambiente e a saúde.
- Para as empresas agrícolas, que têm o desafio e a responsabilidade de compatibilizar produtividade com a prevenção e promoção da saúde dos trabalhadores.
- Para o Estado, que tem papel de intervir diante de situações que se caracterizam como danosas à saúde das pessoas e ao meio ambiente.

Em um contexto de concepções e interesses tão diversos e conflituosos é fundamental a construção de um diálogo aberto e contínuo de todas as partes interessadas. A exclusão de qualquer das partes, particularmente dos trabalhadores agrícolas, só concorre para a perpetuação de um quadro já bastante grave de saúde dos trabalhadores rurais brasileiros. Para tanto é necessário o estabelecimento de uma agenda que contemple, pelo menos, as seguintes questões:

- Desenvolver práticas alternativas, como maior incentivo à agricultura orgânica para o enfrentamento de pragas, doenças, vetores etc., menos danosas à saúde humana e ao meio ambiente.
- Provocar debates com o governo e a sociedade civil, sobre a necessidade urgente de se banir do Brasil produtos já proibidos em outros países.
- . O envolvimento mais efetivo das autoridades ao combate do comércio de produtos contrabandeados.
- Fomentar a pesquisa, nas seguintes linhas:
 - a) efeitos crônicos do uso de agrotóxicos: câncer, reprodução, malformações congênitas, imunotoxicidade, neurotoxicidade, entre outros;
 - b) efeitos agudos relacionados aos piretróides, fungicidas, herbicidas;
 - c) pesquisas que suportem práticas agrícolas alternativas viáveis;
 - d) mapeamento do uso de agrotóxicos no país, considerando tipo de cultura, tamanho da propriedade, processo de trabalho etc.

Finalmente que todos os aspectos que são inerentes à Engenharia de Segurança do Trabalho e que dizem respeito ao trabalho rural possam ser mais bem desenvolvidos pelos setores da mesma, como estudos mais específicos, especialmente nas áreas de Higiene Ocupacional, mais estudos sobre os agentes químicos devem ser incentivados, e uma efetiva interrelação entre as áreas agrônomicas e de engenharia de segurança possam acontecer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-DONIA, M.; LAPADULA, D.M. **Mechanisms of organophosphorus ester-induced delayed neurotoxicity: type I and type II.** Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. n.30. 1990.

ALMEIDA, E.A. **Indústria de defensivos agrícolas no Brasil.** Panorama de Defensivos Agrícolas, n.6, p.121-126, 1983.

BARTUS, R.T.; DEAN, R.L. et al. **The cholinergic hypothesis of geriatric memory dysfunction.** Science

Brasil. Decreto nº. 4074 de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a lei nº. 7802 de 11 de julho de 1989 sobre agrotóxicos, componentes e afins. D.O.U - Diário Oficial da União; Poder Executivo de janeiro de 2002. Disponível em < <http://e-legis.bvs.br/leisref/publ.php>. Acesso em 11/08/2004. >

Brasil. Lei nº. 7802 de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos, componentes e afins e dá outras providências. D.O.U - Diário Oficial da União; Poder Executivo de julho de 1989. Disponível em < <http://e-legis.bvs.br/leisref/publ.php>. Acesso em 11/08/2004. >

Biochem. Pharmacol. n.31, 1982.

CAVANAGH, J.B. **Peripheral neuropathy caused by chemical agents.** Crit. Rev. Toxic, v.2, n.3, 1973.

CHESTER, G. Harmonized guidance for the conduct of operator exposition studies. In: **Environmental and human health risk assessments for agrochemicals conference.** Londres, 1996, 21p. [mimeo].

COSTA, L.G. e col: Differential alterations of cholinergic muscarinic receptors during chronic and acute tolerance of organophosphorus insecticides.

COSTA, L.G.; MacDONALD.; MURPHY, S. Elsevier Science Publishers B.V. (Biomedical Division), University of Washington, Seattle, 1988.

KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico.** Campinas, SP. 2005

GALILEU. São Paulo, n.133, Agosto 2002. p.24-31.

GALLO, M.A.; LAWRIK, N.J. **Organic phosphorus pesticides.** In: HAYES, J.W. & LAWES, E.R. (Eds.). **Handbook of pesticides toxicology**, v.2. Academic Press, San Diego, Ca. 1990.

GARCIA, E. G. **“Segurança e saúde no trabalho rural com agrotóxicos: contribuição para uma abordagem mais abrangente”**. São Paulo. 1996. 21 p. [Dissertação de mestrado -Faculdade de Saúde Pública. USP].

GARCIA, E.G., ALMEIDA, W.F. **Exposição dos trabalhadores rurais aos agrotóxicos no Brasil**. Rev. Bras. Saúde Ocup., v. 19, n. 72, pp. 7-11, 1996.

GHERSON, S., SHAW, F.H. **Psychiatric sequelae of chronic exposure to organophosphate insecticides**. Lancet, v.1, n.1371, 1961.

GIL, L. **“Biomarkers as indicators of exposure and susceptibility”**. In: The application of risk assessment and management in South America conference. Rio de Janeiro, 1998. 15p. [Mimeo].

GIRALDI, Giovana. **A Última Colheita**. Rev. Galileu, v. 12, p. 24-31, ago. 2002.

HOLLINGSHANS, J.G.; FUKOTO, T.R. **The effects of chronic exposure to pesticides on delayed neurotoxicity**. In: **Effects of chronic exposure to pesticides on animal system**. Chambers, J.E.; Yarbrough JD. (Eds.). New York. Raven Press, 1982.

HOFFMAN, B.B. **“Drogas e o sistema nervoso”**. In: PAGE, C.P.; CURTIS, M.J.; SUTTER, M.C.; WALKER, M.J.A.; HOFFMAN, B.B. Farmacologia integrada. 1a. ed., São Paulo, Ed. Manole Ltda. 1999, pp: 93-150.

HOFFMAN, B.B; TAYLOR, P. **“Neurotransmission: the autonomic and somatic motor nervous system”**. In: HARDMAN, J.G.; LIMBIRD, L.E. (Eds.). Goodman & Gilman’s. The pharmacological basis of therapeutics. 10a ed. Nova Iorque, MCGRAW-HILL, Int. Edition, 2001. Cap. 6, pp: 115-153.

HOLMSTEDT, B. **Pharmacology of organophosphorus cholinesterase inhibitors**. Pharmacol. Rev., n.11, 1959.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Biomarker and risk assessment : concepts and principles**. Genebra, WHO, 1993. (Env.Health Crit. 155).82 p.

JOHNSON, B. Eletrophysiological methods in neurotoxicity testing. In: Spencers, P. & Schaumburg (Eds.): **Experimental and clinical neurotoxicology**. Cap. 49. Baltimore/London. Williams e Wilkins Co, 1980.

KOTAKA, ELIA TIE. **Avaliação da exposição de Trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico**. Campinas, SP, 2005.

LEE, L.W.; GRIFFITH, J.; ZENICK, H.; HULKA, B.S. “**Human tissue monitoring and specimen banking: opportunities for exposure assessment, risk assessment, and epidemiologic research**”, *Env Health Persp.* Vol.1, supp. 3, abril 1995. 11p.

Disponível em: <<http://ehpnet1.nihs.nih.gov/docs/1995/suppl-3/introlee.html#3>> Acesso em 7/10/2008.

LEIDEL, N.A.; BUSCH, K.A.; LYNCH, J.R. **Occupational exposure strategy manual.** Washington, D.C.: DHHS (NIOSH). Publication no. 77-173, Jan. 1977. 150p. Disponível em:< <http://www.cdc.gov/niosh>>. Acesso em 10/10/2008.

MARONI, M.; FERIOLI, A. “**Pesticides – biological monitoring**”. In: III Encontro italo-brasileiro de toxicologia ocupacional – o desafio do século XXI para a toxicologia ocupacional e ambiental. [Temas de apoio para as palestras]. São Paulo, 10-12/9/2001. 9p.

MARTINEZ, M.A, Martínez-Larrañaga MR, Caballero V, Anadón A. **Clasificación toxicológica, envasado y etiquetado de productos químicos.** *Rev. Toxicol* 2005; (22): 162-168.

MEIRELLES, L.C1996. **Controle de agrotóxicos**: estudo de caso do Estado do Rio de Janeiro, 1985/1995. Dissertação de mestrado. Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OGA, S. “Toxicocinética e toxicodinâmica”. In: **Fundamentos de toxicologia.** São Paulo, Atheneu Ed. 2003, pp.:8-35.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application.** Paris, 1997. (Series on Testing and Assessment nº 9). 57 p.

SALVI RM, Lara DR, Ghisolfi ES, Portela LV, Dias RD, Souza DO. **Neuropsychiatric Evaluation in Subjects Chronically Exposed to Organophosphate Pesticides.** *Toxicol Sci* 2003; 72(2):267-71.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. *Eckert – Fisiologia animal: Mecanismos e adaptações.* 4a ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2000.729p.

RODNITZKY, R.; LEVIN, H.S.; MICK, D.L. **Occupational exposure to organophosphate pesticides.** *Arch. Environ. Health.*, v.30, feb.1975.

ROSENSTOCK, L. e col. **Chronic neuropsychological sequelae of occupational exposure to organophosphate insecticides.** *Amer. J. of Industr. Med.*, n.18, 1990.

SENANAYAKE, N.; KARALLIEDE, L. **Neurotoxic effects of organophosphorus insecticides: an intermediate syndrome**. N. Engl. J. Med. v.326 n.13. 1987.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA. [On-line].Available:
<http://www.sindag.com.br/html/banco.php3>[Agosto, 2001]

TIMBRELL, J.A . **“Biomarkers in toxicology”**. Nova Iorque, Elsevier, *Toxicology* , vol. 129 (1): pp 1-12, 1998. (Special Issue).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Organophosphorus pesticides: an epidemiological study. **Environmental Health**, v.22, Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. 1987.