

## **PESTICIDAS: USOS E RISCOS PARA O MEIO AMBIENTE**

## **PESTICIDES: USE AND RISKS FOR THE ENVIRONMENT**

**Ribeiro, M. L.<sup>1</sup>, Lourencetti, C.<sup>1</sup>, Polese, L.<sup>2</sup>, Navickiene, S.<sup>3</sup>;  
Oliveira, L. C. de<sup>1</sup>**

\* Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - UNIARA-Araraquara, SP

e-mail: mlucia@iq.unesp.br; carollourencetti@yahoo.com.br;  
lcamargo3@yahoo.com.br

\*\* Instituto de Química-UNESP-Araraquara, SP  
e-mail: lucipole@iq.unesp.br

\*\*\* Universidade Federal do Sergipe-UFS-Aracajú, SE  
e-mail: sandnavi@ufs.br

---

### **RESUMO**

Diversas classes de pesticidas têm sido amplamente utilizadas no controle e/ou combate às pragas, principalmente em áreas agrícolas. Embora a redução da produção de alimentos seja evitada pelo uso de pesticidas, responsáveis pelo combate de organismos danosos às plantas cultivadas, é importante considerar que a utilização contínua dos mesmos pode resultar em riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Este trabalho discute os riscos associados ao uso de pesticidas e sua avaliação por indicadores ambientais, que podem servir de base para o planejamento e implantação de políticas públicas por órgãos governamentais competentes.

**Palavras-chave:** Pesticidas. Riscos. Indicadores. Ambiente. Políticas públicas.

---

### **ABSTRACT**

Many classes of pesticides have been used to control and/or to eliminate pests, mainly in agricultural areas. Although decreases in food production have been avoided through pesticide use to combat pests that damage cultivated plants, it is important to consider that their continuous use can result in risks to human health and the environment. This study describes pesticide uses and their evaluation using environmental indicators, which could be used as a planning and policy tool by governmental agencies.

**Keywords:** Pesticides. Risks. Indicators. Environment. Public policies.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Pesticidas são substâncias químicas, naturais ou sintéticas, utilizadas com a finalidade de prevenir a ação, controlar ou eliminar pragas que podem ser constituídas por insetos, fungos, ervas daninhas, ácaros, bactérias, nematóides, roedores entre outras formas de vida animal ou vegetal, indesejáveis ou prejudiciais à agricultura e à pecuária. Esta definição para o termo genérico pesticida, proposta pela Food and Environmental Protection Act (FEPA), abrange um largo espectro de substâncias biologicamente ativas, é usada em diferentes áreas de investigação inclusive a ambiental (SABIK et al., 2000).

A classificação dos pesticidas obedece a dois critérios principais: classe química e organismo alvo. Em relação à estrutura química, eles podem pertencer à classe dos organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, organonitrogenados, triazinas, benzimidazóis, etc. De acordo com o organismo alvo, os pesticidas são classificados em inseticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, entre outros.

O principal uso dos pesticidas está associado às atividades agrícolas. Entretanto, estes produtos também são empregados em residências e jardins públicos, no controle de plantas daninhas nas áreas industriais, rodovias e ferrovias, no tratamento de madeira e no combate a vetores transmissores de doenças, em campanhas de saúde pública (BARCELÓ; HENNION, 1997).

As atividades industriais, realizadas de maneira inadequada, são apontadas como outra importante fonte de contaminação, pois oferecem riscos ao meio ambiente, à saúde dos trabalhadores, mediante exposição direta, e à saúde da população em geral, como consequência da contaminação do ambiente por resíduos industriais ou devido a acidentes (HERNANDEZ et al., 1991; SEIDEL; LINDNER, 1993). Entretanto, os riscos mais elevados dos pesticidas estão associados às atividades agrícolas. Essas atividades geralmente são realizadas por um grupo maior de pessoas que, geralmente são mal orientados sobre a manipulação de substâncias tóxicas (PINHEIRO, 2004).

Atualmente o número de ingredientes ativos em fórmulas comerciais de pesticidas é elevado, variando de 800 a 1400, conforme descrito por Sabik et al. (2000), Finizio e Villa (2002) e Racke (2003). A quantidade de pesticidas empregada varia anualmente e dependem de fatores econômicos e agrônômicos, tais como: incidência de pragas; preços dos pesticidas, taxas de juros de crédito e perspectivas de preço de mercado dos produtos agrícolas (BARBOSA, 2004, CAMPANHOLA et al., 1998).

Apesar dos benefícios no controle e/ou combate às pragas que evitam a queda de produção de alimentos (BARNARD et al., 1997, ECOBICHON, 2001), os pesticidas são apontados como poluentes do ambiente. Estimativas indicam que menos de 0,1% dos pesticidas efetivamente aplicados alcançam as pragas, ou seja, 99,9% têm potencial para se translocar para outros compartimentos ambientais

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment, v.8 n.1, 2008 - P. 55</i>
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	<i>ISSN:1519-8634 (ON-LINE)</i>

(SABIK et al., 2000), podendo resultar em efeitos adversos a saúde humana e ao ambiente. Especialmente a partir da década de 1960, grande atenção tem sido dispensada, por pesquisadores, órgãos governamentais reguladores e pela própria opinião pública, ao impacto dos pesticidas sobre a saúde humana e ao ambiente (SABA; MESSINA, 2003). Este trabalho discute os riscos associados ao uso de pesticidas e sua avaliação por indicadores ambientais.

## 2. LEGISLAÇÃO

Os aspectos mais relevantes da legislação para resíduos de pesticidas em alimento, água e solo, estabelecidos por órgãos governamentais reguladores, são apresentados a seguir. Os parâmetros utilizados almejam restringir ao máximo a quantidade desses compostos nas diferentes matrizes ambientais, principalmente em alimentos.

Com o objetivo de controlar o uso adequado de pesticidas no campo, o nível de resíduos desses compostos nos alimentos e garantir o comércio internacional de alimentos livre de barreiras com respeito ao parâmetro resíduos órgãos internacionais e nacionais estabelecem Limites Máximos de Resíduos (LMR) permitidos para cada binômio pesticida/cultura. No âmbito internacional, estes limites são estabelecidos pela Comissão do Codex Alimentarius com base nas recomendações do Grupo de Peritos em Resíduos de Pesticidas da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS). Nacionalmente, a fixação de limites máximos de resíduos; em alimentos (LMR) segue as exigências legais estabelecidas pela Legislação Federal (BRASIL, 1989).

Estes valores são estabelecidos após a avaliação de estudos supervisionados em campo, conduzidos pelas indústrias de pesticidas. Nestes estudos, os pesticidas são aplicados nas culturas de acordo com as boas práticas agrícolas e determinam-se posteriormente os níveis de resíduos remanescentes nos alimentos (CALDAS; SOUZA, 2000). Entende-se por boas práticas agrícolas o uso do pesticida de acordo com as recomendações do fabricante do produto, as quais incluem a concentração do produto, o número de aplicações e o período de carência, ou intervalo de segurança, período entre a data da última aplicação do pesticida e a data da colheita. Entretanto, o nível de resíduos de pesticidas em alimentos depende de fatores agrônômicos e climáticos. Assim, diversos países estabelecem seus próprios limites baseados nas boas práticas agrícolas empregadas localmente.

Alimentos que apresentam níveis de resíduos acima do LMR estabelecido é uma indicação de que o pesticida foi usado inadequadamente no campo. Por exemplo, maior dosagem ou número de aplicações ou colheita do produto antes do período de carência estabelecido. A não obediência às instruções do rótulo do produto pelo agricultor, ocorre muitas vezes por receio de perda da cultura ou por total falta de informação, uma vez que a maioria da população rural tem baixa ou nenhuma



Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 56
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

escolaridade e a assistência técnica é ineficiente ou inexistente na maioria das regiões (BARBOSA, 2004).

Na União Européia, os LMRs estabelecidos pelos Estados Membros para cada pesticida, nos diferentes produtos vegetais de produção interna ou externa, são inspecionados por laboratórios especializados, dentro de Programas de Monitoramentos. Nos Estados Unidos, o organismo responsável pelo estabelecimento dos limites máximos é a Environmental Protection Agency (EPA) e o órgão responsável por monitorar os níveis de resíduos nos alimentos é a Food and Drug Administration (FDA).

Desde 1985, a Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde publica as monografias dos pesticidas que apresentam registro para uso no Brasil, que contêm os respectivos valores de LMR nos alimentos, oriundos das culturas em que estão registrados. No início, os dados técnicos exigidos para o registro do produto eram limitados e os LMR eram fornecidos pelos fabricantes. Em 1989, a Lei 7.802 e seus decretos regulamentadores (BRASIL, 1998) estabeleceram novos parâmetros de registro de pesticidas no país e incluíram o estabelecimento de LMR baseado em estudos supervisionados em campo e utilizando as boas práticas agrícolas praticadas no país. Esta lei especifica que o certificado de registro de pesticidas e afins é concedido por órgãos federais específicos das áreas de uso dos pesticidas, desde que atendidas as diretrizes e exigências estabelecidas pelos três órgãos: Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA); Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). O MAPA registra produtos agrícolas de florestas plantadas e de pastagens, a ANVISA, produtos destinados ao uso em ambiente urbanos, industriais, domiciliares, públicos ou coletivos, ao tratamento de água e ao uso em campanhas de saúde pública e o IBAMA, produtos destinados ao uso em ambientes hídricos, proteção de florestas nativas e outros ecossistemas.

Recentemente, com objetivo de agilizar e permitir maior transparência ao processo de análise técnica e registro de pesticidas na ANVISA, no IBAMA e no MAPA, o Sistema Integrado de Informações sobre Agrotóxicos - SIA foi instituído pelo art. 94 do Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, no qual estão registrados as monografias de 476 ingredientes ativos (ANVISA, 2008). Dentre os pesticidas com registro para uso, as classes com maior número de princípios ativos, são os herbicidas (142), os inseticidas (141), os fungicidas (114) e os acaricidas (63). As classes cupinícidas (7), ferormônios (37), formicidas (18), bactericidas (8), nematocidas (15) e inseticidas biológicos (5) são também contempladas pelo referido sistema?

O estabelecimento de limites reguladores para resíduos de pesticidas em água, de modo geral, é complexo, como descrito em 2003 pela Comissão de Agroquímicos e Ambiente da IUPAC (União Internacional de Química Pura Aplicada) no artigo, "Regulatory Limits for Pesticide Residues in Water". Doze recomendações são discutidas para a proposição de limites de resíduos de pesticidas em água. Estas recomendações são utilizadas como base para introduzir e/ou revisar limites ou

“guidelines” para resíduos de pesticidas em água. A aplicação destas recomendações deve servir de base para tomada de medidas legais (HAMILTON et al., 2003).

No Brasil, os valores máximos permitidos (VMP) para água são definidos por padrões de potabilidade (BRASIL, 1990, 2000) e de qualidade ambiental (BRASIL, 1986) para um número restrito de pesticidas, alguns dos quais, tiveram o uso proibido na década de 1980. A Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004, (BRASIL, 2004), estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água e descreve o número de ingredientes ativos. Valores máximos permitidos (VMP) são estabelecidos para 24 pesticidas (Tabela 1), número ainda menor do que os efetivamente usados no país.

**Tabela 1** - Valores máximos permitidos (VMP) em µg/L estabelecidos para pesticidas em água.

Pesticidas	Valores máximos permitidos (VMP) µg/L
Alaclor	20,0
aldrin e dieldrin	0,03
Atrazina	2
Bentazona	300
Clordano	0,2
2,4 D	30
DDT	2
Endossulfan	20
Endrin	0,6
Glifosato	500
heptacloro e heptacloro epóxido	0,03
hexaclorobenzeno	1
lindano (g-BHC)	2
Metolacloro	10
Metoxicloro	20
Molinato	6
pendimetalina	20
pentaclorofenol	9
Permetrina	20
Propanil	20
Simazina	2
Trifluralina	20

A Comunidade Européia, empregando o princípio da precaução, não restringe o número de pesticidas e outras substâncias tóxicas em água potável, estipula os limites máximos de concentração para substâncias individuais ( $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e a soma total ( $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (COMUNIDADE EUROPÉIA, 1998). Os baixos valores regulamentados podem ser conflitantes com os limites de detecção das técnicas de análise de alguns pesticidas.

Atualmente, todos os países que consideram seriamente a proteção do solo estão tentando encontrar um meio termo entre o uso de critérios numéricos (valores orientadores) e a avaliação do risco caso a caso. Internacionalmente, apesar de não

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 58
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

existir uniformidade quanto à nomenclatura utilizada, os valores orientadores representam a base da política de proteção de solos e águas subterrâneas. A função destes valores numéricos é prover uma orientação quantitativa no processo de avaliação de áreas contaminadas e a tomada de decisão sobre as ações emergenciais, com o objetivo de proteger a saúde humana. No Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) é responsável pela prevenção e controle da poluição de solos e águas subterrâneas. Valores orientadores são estabelecidos com os seguintes propósitos: conhecer as concentrações naturais dos elementos legislados; subsidiar uma política de prevenção que defina ações para redução da quantidade de poluentes aplicados em futuras destinações finais do solo e subsidiar uma política de gerenciamento de áreas contaminadas (COMPANHIA DE SANEMANTO AMBIENTAL, 2005).

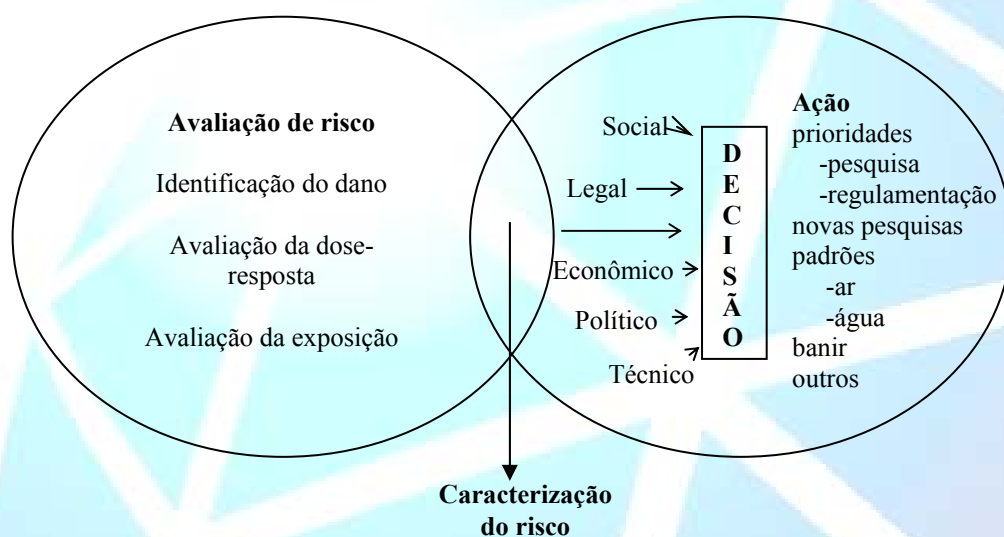
Embora no Brasil não exista legislação para pesticidas em solo, a contaminação de solos causada pelo emprego dessas substâncias deve ser estudada, pois pode afetar os homens e os animais por diversas vias: transição direta do solo para as plantas, escoamento superficial e lixiviação, contaminação de águas superficial e subterrânea, volatilização e contato direto com o solo. Estudos sobre o comportamento dos pesticidas em solo podem ser realizados aplicando-se testes laboratoriais e em condições de campo. Os ensaios laboratoriais de adsorção/dessorção, mobilidade e biodegradabilidade, utilizados pelas principais agências de proteção ambiental, podem servir como indicadores do potencial de movimento, persistência, acumulação e biodegradabilidade dos pesticidas (LANÇAS et al., 1994). Entretanto, os resultados obtidos em ensaios de laboratório sob condições controladas, muitas vezes diferem dos dados obtidos em ensaios conduzidos em situações de campo, devido às múltiplas forças de dispersão e transporte. Os estudos sobre o destino (transformação, retenção e transporte) e os efeitos dos pesticidas em solos são complexos, pois a maioria dos dados obtidos em regiões de clima temperado não pode ser utilizada para prever o comportamento dos mesmos pesticidas em outras regiões (RACKE et al., 1997). Isto porque a dissipação dos pesticidas que pode ocorrer por meio de processos físicos, químicos e biológicos depende de vários fatores, tais como: condições climáticas, propriedades físico-químicas dos pesticidas e características do solo (LOURENCETTI, 2006).

### **3. RISCOS ASSOCIADOS AO USO DE PESTICIDAS E AVALIAÇÃO POR INDICADORES**

O conceito de risco considera a probabilidade da ocorrência de um evento indesejado e suas conseqüências em relação ao dano causado ao meio ambiente (COVELLO et al.; 1993; SERPA, 2000). A avaliação de risco pode ser definida como um processo para estimar a possibilidade de um evento particular ocorrer sob uma variedade de circunstâncias. Segundo Finizio e Villa (2002), procedimentos de

avaliação de risco envolvem a obtenção de dados e a combinação destas informações com o objetivo de responder as seguintes questões: O que está acontecendo? O que acontecerá? Se já aconteceu, quais as conseqüências?

Estudos de avaliação de risco fornecem resultados preliminares que podem ser empregados em tomadas de decisões referentes ao gerenciamento de risco. Esses processos consideram valores sociais e culturais, realidades econômicas e fatores políticos, como esquematizado na Figura 1. Organismos internacionais, responsáveis pelos estudos de impactos ambientais, fundamentados na relação direta entre a avaliação de risco por substâncias químicas e o estabelecimento de regulamentos, para tomadas de decisões em nível governamental, vêm estabelecendo programas que visam proteger a saúde humana e os efeitos indesejáveis ao ambiente desses compostos (FINÍZIO; VILLA, 2002, VILLA; McLEOD, 2002).



**Figura 1.** Relação entre avaliação de risco e gerenciamento de risco (FINÍZIO; VILLA, 2002).

Diferentes tipos de riscos estão associados ao uso de pesticidas, sendo que um ou mais podem ser investigados por sistemas de avaliação de risco, tais como: efeitos adversos não intencionais em organismos não alvos e benéficos da biota; efeitos da exposição, isto é, presença de resíduos de pesticidas em alimentos, água, solo ou ar; perda do alimento devido à ação dos organismos danosos, aplicação excessiva ou uso inadequado; degradação de recursos naturais, entre outros (SPADOTTO et al., 2004, SABA; MESSINA, 2003, LEVITAN, 2000).

Neste sentido, devido à diversidade de questões e objetivos relacionados com a avaliação de risco de pesticidas, diferentes métodos são empregados e resultam em classificações de “perigo” diversificadas, dependentes do número e do grau de prioridade das variáveis empregadas por cada modelo (LEVITAN, 2000, WORRAL; KOLPIN, 2003). Entretanto, o objetivo desses sistemas é o mesmo, isto é, fornecer



Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 60
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

informações que encorajem e/ou contribuam para a redução do risco. O desafio é desenvolver ferramentas com validade científica que possam ser utilizadas para avaliação de risco, que apresentam fácil aplicação e entendimento e podem, também, ser empregadas como indicadores de risco (VILLA; McLEOD, 2002, BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003).

A avaliação de risco não pode ser realizada somente por uma simples quantificação de pesticidas aplicados em uma determinada situação, uma vez que os ingredientes ativos e as matrizes ambientais apresentam diferentes propriedades físicas e químicas, o que pode resultar em comportamento diferenciado quando se investiga: persistência, dispersão, toxicidade, etc.

Modelos de comportamento e transporte são freqüentemente empregados para avaliar a exposição por pesticidas em diferentes compartimentos ambientais; estes modelos devem responder quais fatores devem ser investigados para avaliar o impacto ambiental dos pesticidas e também como este impacto pode ser quantificado (LOURENCETTI et al., 2005, LEVITAN, 2000, WERF, 1996, RACKE et al., 1997, COVELLO et al., 1993). As propriedades físicas e químicas dos pesticidas devem necessariamente ser incluída nestes modelos porque delas dependem a previsão do destino destas substâncias no ambiente (BARNARD et al., 1997). Assim, a determinação da concentração de pesticidas em matrizes ambientais (água, solo, ar e plantas alvo) e em alimentos é o ponto de partida para o estabelecimento de processos que avaliem o risco potencial destes compostos para o ambiente e para a saúde humana (FALCONER, 2002, VILLA; McLEOD, 2002).

A literatura referente aos métodos analíticos para a determinação de resíduos de pesticidas em matrizes ambientais, biológicas e em alimentos enfoca primordialmente os princípios ativos e envolvem o uso de reagentes, solventes e equipamentos de custo relativamente alto. Algumas das metodologias são laboriosas (elevado número de etapas experimentais) e exigem recursos humanos especializados. Como a legislação, internacional e nacional, vem se tornando cada vez mais restritiva, em relação às quantidades máximas permitidas de pesticidas em alimentos e matrizes ambientais, o desenvolvimento de metodologias analíticas cada vez mais simples, eficientes e principalmente rápidas e de baixo custo tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores (SABIK et al., 2000). As técnicas mais empregadas para determinação de resíduos de pesticidas são principalmente as cromatográficas e em menor grau as eletroanalíticas, que possibilitam determinações singulares ou multi-resíduos. Técnicas bioanalíticas, que empregam biossensores amperométricos e ópticos, além de imunoensaios, têm sido introduzidas mais recentemente, e apresentam como principais vantagens: sensibilidade, baixo custo e capacidade de ser portátil, o que possibilita a realização de análises em condições de campo (NUNES et al., 2006, TOSCANO et al., 2000). Tais técnicas representam uma alternativa eficiente e econômica para as análises preliminares.

É importante salientar também que a maioria das investigações que abrange o uso intensivo de pesticidas está focada principalmente no ingrediente ativo. São



Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 61
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

limitados os estudos envolvendo impactos ambientais dos produtos de degradação dos princípios ativos, os metabólitos; que podem ser tão ou mais tóxicos do que a molécula original (BOLOGNESI; MORASSO, 2000, BARNARD et al., 1997, DUKE et al., 1993).

Independentemente do tipo de matriz considerada, com os métodos usados para quantificação de resíduos de pesticidas deve-se obter dados confiáveis, de modo que ao serem aplicados aos modelos de exposição de risco, se obtenha resultados e/ou indicadores que representem, o máximo possível, o comportamento real. Assim, as metodologias devem ser validadas segundo os critérios amplamente descritos na literatura (RIBANI et al., 2004, BRASIL, 2003, BRITO et al., 2002, AMARANTE JÚNIOR et al., 2001, RIBANI et al., 2004, THEIR; ZEUMER, 1987) o que ainda é um problema, particularmente para os trabalhos oriundos de países em desenvolvimento, como apontado por Racke (2003).

É relevante ressaltar que as pesquisas relacionadas aos pesticidas estão voltadas à geração de dados e informações provenientes de análises de laboratório, resultados fundamentais para a etapa de identificação dos riscos e sua avaliação. Entretanto, as investigações devem ser ampliadas a outros níveis, para que o estabelecimento de índices e/ou indicadores possam ser utilizados como base científica para implantar e/ou aperfeiçoar os instrumentos de políticas públicas (OLIVEIRA, 2005).

Indicadores ambientais constituem importantes ferramentas para avaliar os riscos causados ao homem e/ou ambiente. Estas ferramentas constituem-se em pré-requisitos para a implementação do conceito de sustentabilidade, especialmente no seu componente ambiental (VILLA; McLEOD, 2002, BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003, SEAGER, 2001, SCHULTINK, 2000, MARTOS et al. 1997). A elaboração de indicadores ambientais é um tema que vem sendo discutido mais profundamente na última década, sendo que somente alguns trabalhos são encontrados na literatura sobre indicadores para pesticidas (SPADOTTO et al., 2004, OLIVEIRA, 2005, BROOKES; BAR FOOT, 2005, HALBERG et al., 2005, HOPPIN et al., 2006, FERNANDES, 2004). Levitan (2000) aponta “indicadores de risco de pesticidas” como a terminologia mais largamente empregada na descrição desta área de pesquisa, mas uma grande variedade de outros termos também tem sido usada, como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Termos empregados para descrever indicadores de risco de pesticidas (LEVITAN, 2000).

---

Avaliação do impacto ambiental
Indicadores de risco ambiental para pesticidas
Sistemas de medidas para o gerenciamento integrado de pesticidas
Medidas de adoção para o gerenciamento integrado de pesticidas
Medidas de sucesso para o gerenciamento integrado de pesticidas
Sistemas de suporte para decisões sobre pesticidas
Indicadores de impacto ambiental para pesticidas
Classificação de perigo para pesticidas
Modelos de avaliação de impacto por pesticidas
Sistemas de avaliação de impacto por pesticidas
Índices para pesticidas
Avaliação de programas para pesticidas
Classificação de pesticidas e sistemas de risco
Análise de risco de pesticidas
Risco padrão de pesticidas

---

Essa variedade de nomenclatura é resultado da multidisciplinaridade do tema pesticida e dos esforços envolvidos na redução do risco dos mesmos. Um reflexo dessa situação é observado na literatura, dado que as investigações sobre os impactos ambientais causados por pesticidas têm merecido atenção de pesquisadores de diferentes áreas, tais como: química, ecologia, agricultura econômica, nutrição e qualidade dos alimentos, ciências ambientais, políticas públicas, turismo, entre outras (SCHULZ, 2004, HUDGES, 2002, DASGUPTA et al., 2002, FINIZIO; VILLA, 2002, ECOBICHON, 2001, BRETHOUR; WEERSINK, 2001, BOLOGNESI; MORASSO, 2000, BERNARD, 1997, PERRIN, 1997).

Falconer (2002) apresenta, em seu trabalho, diferentes indicadores ambientais para pesticidas relatados na literatura entre 1975 e 1996. Esses indicadores apresentam várias similaridades em seus objetivos e estruturas. Todas as aproximações relatam somente o uso em campo, ignorando outros riscos ambientais como os procedimentos de misturas, armazenagem, embalagem ou disposição dos pesticidas. Estes indicadores são inevitavelmente parciais, uma vez que se baseiam em componentes de interesse selecionados, não considerando outros aspectos que envolvem alto número de variáveis, como as condições locais e ou regionais.

Dada a complexidade dos efeitos causados pelo uso dos pesticidas e o desafio de sua avaliação nos ecossistemas ecológicos, é de fundamental importância compreender a diferença entre a presença de pesticidas, a magnitude e o significado

do impacto, ou seja, é necessário distinguir perigo, risco, impacto e custo social. (Figura 2). Os indicadores de perigo estão relacionados às propriedades físicas e químicas dos pesticidas e têm sido sugeridos como ponto de partida para classificação dos efeitos ambientais para a compreensão dos impactos ambientais. O risco está relacionado à exposição (espécies presentes, classe dos pesticidas usados, concentrações, etc) e a probabilidade da exposição causar efeitos; o impacto, à vulnerabilidade das espécies e aos danos físicos ao ecossistema, enquanto o custo social, às preferências e valores (FALCONER, 2002).

<b>Perigo</b>	<b>Risco</b>	<b>Impacto</b>	<b>Custo Social</b>
→	→	→	
↑	↑	↑	↑
Propriedades físicas e químicas	Exposição (presença das espécies, quantidades de pesticidas usados, emissões resultantes, concentrações...) e probabilidade da exposição causar efeitos	Vulnerabilidade das espécies, dano físico para o ecossistema	Preferências, valores

**Figura 2.** Relações entre perigo, risco, impacto e custo social. Adaptado de Falconer (2002).

É importante ressaltar que na maioria dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, a etapa mais estudada, ainda hoje, é a identificação do perigo e, em alguns casos específicos, a avaliação da exposição. Porém, as informações utilizadas para realizar avaliação do perigo não são ainda suficientemente completas para subsidiar propostas de inclusão dos ingredientes ativos investigados em protocolos de avaliação ambiental (OLIVEIRA, 2005, RACKE, 2003).

Em publicação recente, Falconer (2002) cita que há um consenso nos países da Europa sobre a relação entre a redução dos impactos ambientais causados pelo uso dos pesticidas na agricultura e o estabelecimento de políticas ambientais apropriadas. Este tema já tem alcançado a agenda política de alguns programas com o objetivo de reduzir o uso de pesticidas. Entretanto, a simples redução do volume total de pesticidas aplicados pode não significar a redução segura nos riscos adversos para a saúde e ao ambiente, devido à complexa relação existente entre a aplicação de pesticidas e seus impactos. Falconer (2002) cita, como exemplo de tal complexidade,

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 64
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

o fato de que alguns impactos ambientais podem se tornar aparentes depois que determinado pesticida tenha sido usado por algum tempo, ressaltando que é difícil estabelecer adequadamente os efeitos em longo prazo dos produtos, dos seus metabólitos e dos efeitos sinérgicos que podem ocorrer entre eles.

#### 4. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Políticas públicas nas áreas ambientais e de saúde exigem informações científicas seguras e confiáveis na avaliação de riscos associados ao uso de pesticidas para fundamentar e justificar as decisões governamentais. Conseqüentemente, é cada vez mais necessário aprimorar o conhecimento científico e transferi-lo aos processos de avaliação de risco, a fim de minimizar o nível de incertezas, geralmente associado a estes procedimentos para aumentar a sua objetividade e validade. Apesar das limitações, há um consenso na comunidade científica sobre a importância da avaliação de risco como uma ferramenta apropriada para atingir um razoável compromisso entre a informação científica e a necessidade de instrumentos simples, transparentes e eficazes para tomadas de decisões em nível governamental.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (ANVISA). Sistemas de Informações sobre Agrotóxicos (SAI). 2008. Disponível em: [http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_pesquisa\\_ingrediente.asp](http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_pesquisa_ingrediente.asp). Acesso em: 17 abril 2008.
- AMARANTE JUNIOR, O. P.; CALDAS, E. P. A.; BRITO, N. M.; SANTOS, T. C. R.; VALE, M. L. B. F. Validação de métodos analíticos: uma breve revisão. **Caderno de Pesquisa**, São Luís, v. 12, p. 12, n. ½, p. 116-131, 2001.
- BARBOSA, L. C. A. **Os pesticidas, o homem e o meio ambiente**. Viçosa: UFV, 2004.
- BARCELÓ, D.; HENNION, M. C. **Techniques and instrumentation in analytical chemistry**: trace determination of pesticides and their degradation products in water. Amsterdam: Elsevier, 1997.
- BARNARD, C.; DABERKOW, M., PADGITT, M., SMITH, M.E., URI, N. D. Alternative measures of pesticide use. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 203, n. 3, p. 229-244, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00151-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00151-4)



Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 65
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. How to validate environmental indicators. **Agricultural Systems**, Essex, v. 76, n. 2, p. 639-653, 2003.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00053-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00053-7)

BOLOGNESI, C.; MORASSO, G. Genotoxicity of pesticides: potencial risk for consumers. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 11, n. 4/5, p. 182-187, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00060-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00060-1)

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classifica, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do território nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 30 jul. 1986. p. 11356-11361. Disponível em: [http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT\\_VERSION&id=14306](http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=14306)  
Acesso em: 31 jan. 2007.

BRASIL. **Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989**. 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. Disponível em:  
<http://www.presidencia.gov.br/ccivil/LEIS/L7802.htm> Acesso em: 5 mar. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal. **Legislação Federal de Agrotóxicos e afins**. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Sistemas de Informações sobre Agrotóxicos – SAI**. Disponível em:  
[http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_pesquisa\\_ingrediente.asp](http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_pesquisa_ingrediente.asp). Acesso em: 3 fev. 2007

BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Portaria nº 518, 25 de março de 2004. Disponível em:  
<[http://www.agencia.pb.gov.br/arq/portarian\\_518mar2004.doc](http://www.agencia.pb.gov.br/arq/portarian_518mar2004.doc)>. Acesso em: 10 fev. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 899 de 29 de Maio de 2003. Determina a publicação do "Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos". Fica revogada a Resolução RE nº 475, de 19 de março de 2002. **Diário Oficial da União. Poder Executivo**, Brasília, DF. 2 jun.

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 66
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN: 1519-8634 (ON-LINE)

2003. Disponível em: [http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT\\_VERSION&id=15132](http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=15132) Acesso em: 31 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

BRETHOUR, C.; WEERSINK, A. An economic evaluation of the environmental benefits from pesticide reduction. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 25, n. 2/3, p. 219-226, 2001. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2001.tb00202.x>

BRITO, N. M.; AMARANTE JUNIOR.; O. P.; POLESE, L.; SANTOS, T. C. R.; RIBEIRO, M. L. Avaliação da exatidão e da precisão de métodos de análise de pesticidas mediante ensaios de recuperação. **Pesticidas: Revista de Ecotoxologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 155-168, 2002. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/pesticidas/article/viewFile/3157/2530> Acesso em: 31 jan. 2007.

BROOKES, G., BARFOOT, P. GM Crops: the economic and environmental impact: the first nine years 1996-2004. **AgBioForum. The Journal of Agrobiotechnology Management & Economics**, Columbus, n. 8, n. 2/3, p. 187-196, 2005. Disponível em: [http://www.agbioforum.org/v8n23/v8\\_n23a15-brookes.pdf](http://www.agbioforum.org/v8n23/v8_n23a15-brookes.pdf) Acesso em: 31 jan. 2007.

CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. R. K. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 529-37, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102000000500014>

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; RODRIGUES, G. S. Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um programa de racionalização do uso de agrotóxicos no Brasil. In: DIALOGO L – RACIONALIZAÇÃO DEL USO DE PESTICIDAS EN EL CONE SUR, 1998, Montevideo. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1998. p. 43-49.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo - 2005, em substituição aos valores orientadores de 2001, e dá outras providências. Decisão de Diretoria n. 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.** Disponível em:

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 67
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN: 1519-8634 (ON-LINE)

[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf) Acesso em: 14 dez. 2005.

COMUNIDADE EUROPEIA. Directiva 98/83/CE do conselho de 3 de novembro de 1998. Relativa à qualidade de água destinada ao consumo humano. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, 1998. Disponível em: [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/1998/l\\_330/l\\_33019981205pt00320054.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/1998/l_330/l_33019981205pt00320054.pdf) Acesso em: 5 dez. 2006.

COVELLO, V. T.; MERKHOHER, M. W.; MERKHOFFER M. W. **Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental**. New York: Plenum, 1993. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=mglNQLEQsIwC&hl=pt-BR> Acesso em: 31 jan. 2007.

DASGUPTA, S.; MEISNER, C.; WHEELER, D.; YANHONG, J. Agricultural trade, development and toxic risk. **World development**, Oxford, v. 30, n. 8, p. 1401-1412, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00045-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00045-1)

DUKE, S. O.; MENN, J. J.; PLIMMER, J. R. Challenges of pest control with enhanced toxicological and environmental safety: an overview. **ACS Symposium Series. American Chemical Society**, Washington, n. 524, p. 1-13, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org/agris/search/display.do?f=/1994/v2009/US9413299.xml;US9413299> Acesso em: 31 jan. 2007.

ECOBICHON, D. Pesticide use in developing countries. **Toxicology**, Limerick, v. 160, n. 1/3, p. 27-33, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X\(00\)00452-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X(00)00452-2) Acesso em: 31 jan. 2007.

FALCONER, K. Pesticide environmental indicators and environmental policy. **Journal of Environmental Management**, London, v. 65, n. 3, p. 285-300, 2002. <http://dx.doi.org/10.1006/jema.2002.0550>

FERNANDES, O. A. L. **The meaning of sustainability: searching of environmental indicators**. 2004. 333 f. Thesis (Doctor in Philosophy) – Faculty of Social Sciences and Law, Institute for Development Policy and Management, University of Manchester, 2004. Disponível em: [http://tede.ibict.br/tde\\_arquivos/1/TDE-2005-09-01T06:06:00Z-267/Publico/LucioAndreOliveiraFernandes.pdf](http://tede.ibict.br/tde_arquivos/1/TDE-2005-09-01T06:06:00Z-267/Publico/LucioAndreOliveiraFernandes.pdf) Acesso em: 31 jan. 2007.

FINIZIO, A.; VILLA, S. Environmental risk assessment for pesticides: a tool for decision making. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 22, n. 3, p. 235-248, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-9255\(02\)00002-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-9255(02)00002-1)

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 68
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

HALBERG, N.; VERSCHUUR, G.; GOODLASS, G. Farm level environmental indicators: are they useful? An overview of green accounting systems for european farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 105, n. ½, p. 195-212, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2004.04.003>

HAMILTON, D. J.; AMBRUS, Á.; DIETERLE, R. M.; FELSOT, A. S.; HARRIS, C. A.; HOLLAND, P. T.; KATAYAMA, A.; KURIHARA, N.; LINDERS, J.; UNSWORTH, J.; WONG, S. S. Regulatory limits for pesticide residues in water (IUPAC Technical Report). **Pure & Applied Chemistry**, Oxford, v. 75, n. 8, p. 1123-1155, 2003. <http://dx.doi.org/10.1351/pac200375081123>

HERNANDEZ, L. M.; FERNANDEZ, M. A.; GONZALEZ, M. J. Lindane pollution near an industrial source in northeast Spain. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 46, n. 1, p. 9-13, 1991. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01688248>

HOPPIN, J. A.; ADGATE, J.L.; EBERHART, M.; NISHIOKA, M.; RYAN, B. Environmental exposure assessment of pesticides in farmworker homes. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 114, n. 6, p. 195-212, 2006. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8530>

HUDGES, G. Environmental indicators. **Annals of Tourism Research**, New York, v. 29, n. 2, p. 457-477, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-7383\(01\)00071-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-7383(01)00071-8)

LANÇAS, F. M.; VILEGAS, J. H. Y.; GALHIANE, M. S. Uso de técnicas cromatográficas para a avaliação de propriedades físico-químicas de pesticidas em solos e determinação da adsorção/desorção. **Pesticidas. Revista Técnico-Científica**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 39-48, 1994.

LEVITAN, L. "How to" and "Why": assessing the enviro-social impacts of pesticides. **Crop Protection**, v. 19, n. 8, p. 629-636, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00083-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00083-1)

LOURENCETTI, C. **Herbicidas mais empregados no cultivo de cana-de-açúcar no município de Araraquara (SP): desenvolvimento e validação de método de quantificação e avaliação do potencial de lixiviação em solos argiloso e arenoso (área de recarga do sistema aquífero Guarani)**. 2006. 155 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A.; SANTIAGO SILVA, M.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista de**



Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 69
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

**Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 1-14, 2005. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/pesticidas/article/view/4504/3525> Acesso em: 31 jan. 2007.

MARTOS, H. L.; MAIA, N. L. **Indicadores ambientais**. Sorocaba: Líber Arte, 1997.

NUNES, G. S.; CARVALHO, C. V. V.; MARQUES, O.; CASTILLO, A.; BADEA, M.; MARTY, J.L. Análise de resíduos de inseticidas carbamatos em comidas infantis utilizando biossensores amperométricos à base de enzimas acetilcolinesterases geneticamente modificadas. **Analytica. A Revista da Instrumentação e Controle de Qualidade**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 56-64, 2006. Disponível em: [http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/ed\\_anteriores/20/index.html](http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/ed_anteriores/20/index.html) Acesso em: 31 jan. 2007.

OLIVEIRA, S. S. **O papel da avaliação de riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos**: diretrizes para a formulação de políticas públicas. 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-28062005-101218/> Acesso em: 31 jan. 2007.

PERRIN, R. M. Crop protection: taking stock for the new millennium. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 5, p. 449-456, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(97\)00014-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(97)00014-8)

PINHEIRO, A. S. **Utilização de agrotóxicos no perímetro irrigado Califórnia e suas influências na saúde do trabalhador rural**. 2004. 157 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Sergipe, Sergipe 2004.

RACKE, K. D. Release of pesticides into the environment and initial concentrations in soil, water, and plants. **Pure & Applied Chemistry**, v. 75, n. 11/12, p. 1905-1916, 2003. <http://dx.doi.org/10.1351/pac200375111905>

RACKE, K. D.; SKIDMORE, M. W.; HAMILTON, D. J.; UNSWORTH, J. B.; MIYAMOTO, J.; COHEN, S. Z. Pesticide fate in tropical soils: IUPAC Technical Report Summary. **Pure & Applied Chemistry**, Oxford, v. 69, n. 6, p. 1349-1371, 1997. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199902\)55:2<219::AID-PS821>3.0.CO;2-Y](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199902)55:2<219::AID-PS821>3.0.CO;2-Y)

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 70
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 771-780, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000500017>

SABA, A.; MESSINA, F. Atitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, p. 637-645, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00188-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00188-X)

SABIK, H.; JEANOT, R.; ROUNDEAU, B. Multiresidue methods using solid-phase extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 885, p. 217-236, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)01084-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9673(99)01084-5)

SCHULTINK, G. Critical environmental indicators: performance indices and assessment models for sustainable rural development planning. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 130, p. 47-58, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00212-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00212-X)

SCHULZ, R. Field studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticide pollution: a review. **Journal of the Environmental Quality**, Madison, v. 33, n. 2, p. 419-448, 2004. Disponível em: <http://jeq.scijournals.org/cgi/content/full/33/2/419> Acesso em: 31 jan. 2007.

SEAGER, J. Perspectives and limitations of indicators in water management. **Regional Environmental Change**, New York, v. 2, n. 2, p. 85-92, 2001. <http://dx.doi.org/10.1007/s101130100031>

SEIDEL, V.; LINDNER, W. Universal sample enrichment technique for organochlorine pesticides in environmental and biological samples using a redesigned simultaneous steam distillation-solvent extraction apparatus. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 65, p. 3677-3683, 1993. Disponível em: [http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/anchem/1993/65/i24/f-pdf/f\\_ac00072a022.pdf?sessid=600613](http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/anchem/1993/65/i24/f-pdf/f_ac00072a022.pdf?sessid=600613) Acesso em: 31 jan. 2007.

SERPA, R. R. As metodologias de análise de risco e seu papel no licenciamento de indústrias e atividades perigosas. In: FREITAS, C. M. (Org.) **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e prevenção**. 20. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 253-266.

Recebido em: 10/05/2007	<i>HOLOS Environment</i> , v.8 n.1, 2008 - P. 71
Liberado para Publicação em: 28/02/2008	ISSN:1519-8634 (ON-LINE)

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M.  
**Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.**  
Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

THEIR, H. P.; ZEUMER, H. **Manual of pesticide residue analysis.** New York:  
Verlag Chemie, 1987.

TOSCANO, I. A. S.; RIBEIRO, M. L.; ROCHA, J. C.; NUNES, G. S.;  
BARCELÓ, D. Determinação de Carbaril utilizando testes Elisa (Enzyme-linked  
immunosorbent assay) e clae com detecção por arranjo de diodos. **Química Nova**,  
São Paulo, v. 23, n. 4, p. 466-471, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422000000400007>

VILLA, F.; McLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental  
planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental  
Management**, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-001-0030-2>

WERF, M.G. Assessing the impact of pesticides on the environment. **Agriculture,  
Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 60, p. 81-96, 1996.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(96\)01096-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(96)01096-1)

WORRAL, F.; KOLPIN, D. W. Direct assessment of groundwater vulnerability from  
single observations of multiple contaminants. **Water Resources Research**,  
Washington, v. 39, n. 12, p.1,8, 2003. <http://dx.doi.org/10.1029/2002WR001212>